
DIPLOMARBEIT

Stefan Lechner

**Ökonomische und ökologische
Betrachtung einer Photovol-
taikanlage am Beispiel eines
Einfamilienhauses**

Oberlungitz, 2011

DIPLOMARBEIT

Ökonomische und ökologische Betrachtung einer Photovol- taikanlage am Beispiel eines Einfamilienhauses

Autor:

Herr Stefan Lechner

Studiengang:

Wirtschaftsingenieurwesen

Seminargruppe:

KW09wNA

Erstprüfer:

Prof. Dr. Johannes N. Stelling

Zweitprüfer:

Prof. Mag. Erich Greistorfer

Einreichung:

Mittweida, 2011

Verteidigung/Bewertung:

Wien, 2011

Bibliografische Beschreibung:

Lechner Stefan:

Ökonomische und ökologische Betrachtung einer Photovoltaikanlage am Beispiel eines Einfamilienhauses - 2011 – 77 Seiten

Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät Wirtschaftswissenschaften,

Diplomarbeit, 2011

Referat:

Die vorliegende Diplomarbeit befasst sich mit der ökologischen und ökonomischen Betrachtung der Photovoltaikanlage von Fam. Lechner. Dabei werden die Auswirkungen der Photovoltaiktechnologie auf das Ökosystem hinsichtlich der CO₂ Problematik als auch der energieintensiven Produktion bis hin zur Entsorgung gezeigt. Im finanzwirtschaftlichen Teil der Diplomarbeit wird die Amortisationszeit sowie die jährliche Verzinsung des eingesetzten Kapitals – unter Berücksichtigung der Fördersituation in Österreich – ermittelt. Abschließend wird ein kurzes Resümee anhand der gewonnen Erkenntnisse gebildet.

Inhalt

INHALT	I
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	IV
TABELLENVERZEICHNIS	V
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	VI
1 EINLEITUNG	1
1.1 <i>Problemstellung und Zielsetzung</i>	<i>2</i>
1.2 <i>Aufbau der Arbeit</i>	<i>2</i>
1.3 <i>Gender Statement.....</i>	<i>2</i>
2 GRUNDLAGEN UND DEFINITIONEN	3
2.1 <i>Globalstrahlung</i>	<i>3</i>
2.2 <i>Photoeffekt</i>	<i>5</i>
2.3 <i>Begriffsdefinition Photovoltaik</i>	<i>6</i>
2.4 <i>Geschichtliche Entwicklung der Photovoltaik</i>	<i>6</i>
2.5 <i>Photovoltaiktechnik</i>	<i>9</i>
2.5.1 <i>Funktionsweise und Aufbau einer Photovoltaikzelle</i>	<i>9</i>
2.5.2 <i>Energieertrag</i>	<i>11</i>
2.5.2.1 <i>Allgemeines</i>	<i>11</i>
2.5.2.2 <i>Photovoltaikanlage der Fam. Lechner.....</i>	<i>14</i>
3 ÖKOLOGISCHE AUSWIRKUNGEN DER PHOTOVOLTAIKTECHNOLOGIE AUF DIE UMWELT	15

3.1	<i>Photovoltaik als eine der Lösungen der CO₂ Problematik</i>	16
3.2	<i>Gegenüberstellung des Flächenbedarfs zwischen einer Photovoltaikanlage und biogenen Brennstoffen</i>	18
3.3	<i>Energieeinsatz bei der Herstellung</i>	19
3.4	<i>Rohstoffverfügbarkeit</i>	19
3.5	<i>Entsorgung</i>	20
4	FINANZIERUNG UND INVESTITION	22
4.1	<i>Fördersituation in Österreich</i>	24
4.1.1	Bundesweite Förderprogramme.....	24
4.1.1.1	Tarifförderung für Photovoltaikanlagen > 5 kWp	25
4.1.1.2	Investitionsförderung für private netzgekoppelte Anlagen < 5 kWp	27
4.1.1.3	Investitionsförderung für Photovoltaikanlagen auf Gemeindeobjekte.....	30
4.1.1.4	Investitionsförderung für gebäudeintegrierte Photovoltaikanlage in Fertighäusern.....	32
4.1.1.5	Investitionsförderung für Betriebe	33
4.1.2	Landesweite Förderprogramme bezogen auf die Steiermark	34
4.1.2.1	Direktförderung	34
4.1.2.2	Subventionierung von Photovoltaikanlagen im Zuge der Wohnbauförderung	37
4.1.2.3	Subventionierung von Photovoltaikanlagen bei Gemeindebauten ..	37
4.1.3	Förderung von Photovoltaikanlagen auf Gemeindeebene am Beispiel Lafnitz.....	37
4.1.4	Zusammenfassung der Fördermittel für die Photovoltaikanlage der Fam. Lechner	38
4.1.4.1	Fördersituation auf Bundesebene	38
4.1.4.2	Fördersituation auf Landesebene	39
4.1.4.3	Fördersituation auf Gemeindeebene.....	40
4.2	<i>Finanzierung</i>	40
4.2.1	Definition	40

4.2.2	Ermittlung des Finanzierungs- und Kapitalbedarfes für die Photovoltaikanlage der Fam. Lechner	41
4.2.3	Kapitalbeschaffungsmöglichkeiten	42
4.3	<i>Investition</i>	43
4.3.1	Definition	43
4.3.2	Grundlagen	44
4.3.2.1	Phasen der Investition.....	44
4.3.2.2	Investitionsentscheidungsrechnung	47
4.3.3	Rechnerische Ermittlung der ökonomisch sinnvollsten Lösung für die 5 kWp Photovoltaikanlage der Fam. Lechner.....	49
4.3.3.1	Ermittlung der Amortisationszeit.....	50
4.3.3.2	Ermittlung der jährlichen Verzinsung des investierten Kapitals.....	53
5	PROBLEMATIK VON PHOTOVOLTAIKANLAGEN.....	59
5.1	<i>Brandgefahr</i>	59
5.2	<i>Lebensdauer und Degradation</i>	60
5.3	<i>Verschmutzung und Reinigung</i>	60
6	CONCLUSIO / SCHLUSSBEMERKUNG.....	62
	LITERATUR.....	63
	INTERNETQUELLEN	65
	ANLAGEN	67
	ANLAGEN, TEIL 1.....	A-1
	ANLAGEN, TEIL 2.....	A-2
	SELBSTSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG	

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Mittlere jährliche Globalstrahlungssumme in Österreich	4
Abbildung 2:	Äußerer Photoeffekt	5
Abbildung 3:	A. Becquerel	6
Abbildung 4:	Die Erfinder der Silizium-Photovoltaikzelle.....	7
Abbildung 5:	Kumulierung der installierten Leistung der Photovoltaikanlagen in Österreich	9
Abbildung 6:	Dotierung von Silizium	10
Abbildung 7:	Aufbau und Funktion einer Silizium-Solarzelle	11
Abbildung 8:	Flächenbedarf für die Stromversorgung eines Durchschnittshaushalts.....	18
Abbildung 9:	Klima-Energiemodellregionen in Österreich.....	30
Abbildung 10:	Magisches Dreieck der Vermögensanlage.....	45
Abbildung 11:	Planung des Investitionsprogrammes	46

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Energieertrag einer Solarstromanlage bezogen auf die Ausrichtung.....	12
Tabelle 2:	Leistungsdiagramm einer starr installierten und einer nachgeführten Anlage.....	13
Tabelle 3:	Anzahl der Naturkatastrophen von 1950 bis 2004.....	17
Tabelle 4:	Energetische Amortisationszeit von Photovoltaikanlagen	19
Tabelle 5:	Tarifförderung (Gebäuden).....	25
Tabelle 6:	Tarifförderung (Freiflächen).....	26
Tabelle 7:	Abschlag Tarifförderung	27
Tabelle 8:	Mittelverteilung der Investitionsförderung.....	28
Tabelle 9:	Direktförderung des Landes Steiermark.....	40
Tabelle 10:	Ermittlung des Finanzierungsvolumens (Tarifförderung).....	42
Tabelle 11:	Ermittlung des Finanzierungsvolumens (Investitionsförderung)	42
Tabelle 12:	Grundangaben zur Photovoltaikanlage	50

Abkürzungsverzeichnis

Aufl.	Auflage
BHKW	Blockheizkraftwerk
bzw.	beziehungsweise
CO₂	Kohlendioxid
dh.	das heißt
EVUs	Energieversorgungsunternehmen
Fa.	Firma
Fam.	Familie
ff.	fortfolgend
g	Gramm
inkl.	inklusive
kg	Kilogramm
kWh	Kilowattstunde
kWp	Kilowattpeak
l	Liter
lt.	laut
min.	mindestens
Mio.	Millionen
MWp	Megawattpeak

o.a.	oben angeführten
OIB	Österreichisches Institut für Bautechnik
p.a.	per anno
PV	Photovoltaik
qm	Quadratmeter
S.	Seite
t	Tonnen
uvm.	und vieles mehr
vgl.	vergleiche
%	Prozent
°C	Grad Celsius

1 Einleitung

Die gegenwärtige Problematik fossiler und atomarer Brennstoffe bewirkt bei der Öffentlichkeit einen immer stärkeren Wunsch nach Nutzung von erneuerbaren Energieträgern. Jedes einzelne Individuum kann dazu etwas beitragen, indem es die gegebenen Möglichkeiten nutzt. Die effiziente und nachhaltige Nutzung der vorhandenen Energieressourcen ist nicht nur in der ökologischen Hinsicht interessant, sondern sie bietet auch ökonomische Vorteile gegenüber den konventionellen Energieträgern.

Durch den stetig wachsenden Rohstoffhunger gehen die Vorkommen von fossilen Brennstoffen immer mehr zurück. Daraus resultieren die ständig steigenden Preise für konventionelle Energieträger. Auch in Zukunft wird ein Run auf fossile Energieträger die Preise für Öl und Gas weiter steigen lassen.

„Die Strahlungsenergie unserer Sonne ist heute die einzige unerschöpfliche Energiequelle der Menschheit. Täglich erreicht ein Vieltausendfaches des menschlichen Bedarfs an Primärenergie in Form elektromagnetischer Strahlung die Erde.“¹ Eine effiziente Nutzung der Sonnenenergie ist für die zukünftige Energieversorgung von essentieller Bedeutung. Um eine möglichst rasche Abkehr von fossilen Energieträgern zu erreichen, müssen auch die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen – in Form von Förderungen – seitens der Politik weiter angepasst werden.

¹ Wagemann (2010) S. 1.

1.1 Problemstellung und Zielsetzung

Die vorliegende Arbeit zeigt am Beispiel des Einfamilienhauses der Fam. Lechner in Hartberg die ökonomische und ökologische Sinnhaftigkeit einer Photovoltaikanlage. Unter Berücksichtigung der komplizierten Fördersituation in Österreich sowie dem Offert der Stadtwerke Hartberg soll sowohl die Amortisationszeit als auch die jährliche Rendite des eingesetzten Kapitals ermittelt werden. (siehe Anlagen, Teil 1)

Aufgrund der derzeitig ständig wachsenden CO₂ Problematik und des dadurch verbunden Klimawandels wird die Photovoltaiktechnologie auch auf ihre Auswirkungen hinsichtlich des Ökosystems untersucht.

1.2 Aufbau der Arbeit

Die Arbeit ist in sechs Kapitel gegliedert, wobei nach der Einleitung im Kapitel zwei sowohl die allgemeinen als auch die technischen Grundlagen einschließlich der Begriffsdefinition von „Photovoltaik“ behandelt werden. Im darauffolgenden Kapitel drei werden die ökonomischen Auswirkungen der Photovoltaiktechnologie auf die Umwelt dargestellt. Das Kapitel vier beschäftigt sich mit der ökonomischen Betrachtung der Photovoltaikanlage von Fam. Lechner. Im Kapitel fünf wird die Problematik der Photovoltaiktechnologie hinsichtlich der Brandgefahr, der Lebensdauer sowie der Verschmutzung erläutert.

1.3 Gender Statement

Um den Lesefluss nicht zu beeinträchtigen, wird in dieser Arbeit nur eine geschlechtsspezifische, sprachliche Form angewandt. Dennoch sollen damit männliche wie auch weibliche Personen gleichermaßen angesprochen werden.

2 Grundlagen und Definitionen

2.1 Globalstrahlung

Die geografische Lage einer Photovoltaikanlage beeinflusst die ökonomische und ökologische Rentabilität maßgeblich. Mit zunehmender Entfernung vom Äquator nimmt die Globalstrahlung ab. Die Globalstrahlung ist die Summe aus direkter und indirekter Strahlung, welche auf einer horizontalen Fläche auf der Erdoberfläche auftrifft. Diese wird von Wetterstationen an vielen Orten für horizontale Flächen gemessen, aufgezeichnet und über verschiedene Zeiträume summiert. In Skandinavien beträgt diese ungefähr 800 kWh/qm/Jahr. Verglichen mit Zentralafrika, welche über 2000 kWh/qm/Jahr aufweist, muss die Kollektorfläche in Skandinavien mehr als doppelt so groß ausgeführt werden, um denselben Energieertrag wie Afrika zu erreichen. In Italien und Spanien beläuft sich die durchschnittliche Globalstrahlung auf 1600-2000 kWh/qm/Jahr.²

Die mittlere jährliche Globalstrahlungssumme auf einer horizontalen Fläche beträgt in Österreich rund 1100 kWh/qm. Die höchsten Werte findet man dabei in den alpinen Lagen, welche eine Globalstrahlungssumme von bis zu 1.450 kWh/qm aufweisen. Im Gegensatz sind in den Niederungen aufgrund des häufigeren Nebels bzw. Bewölkung nur 1000 kWh/qm/Jahr Globalstrahlung vorzufinden.

² vgl. Konrad (2007) S. 90.

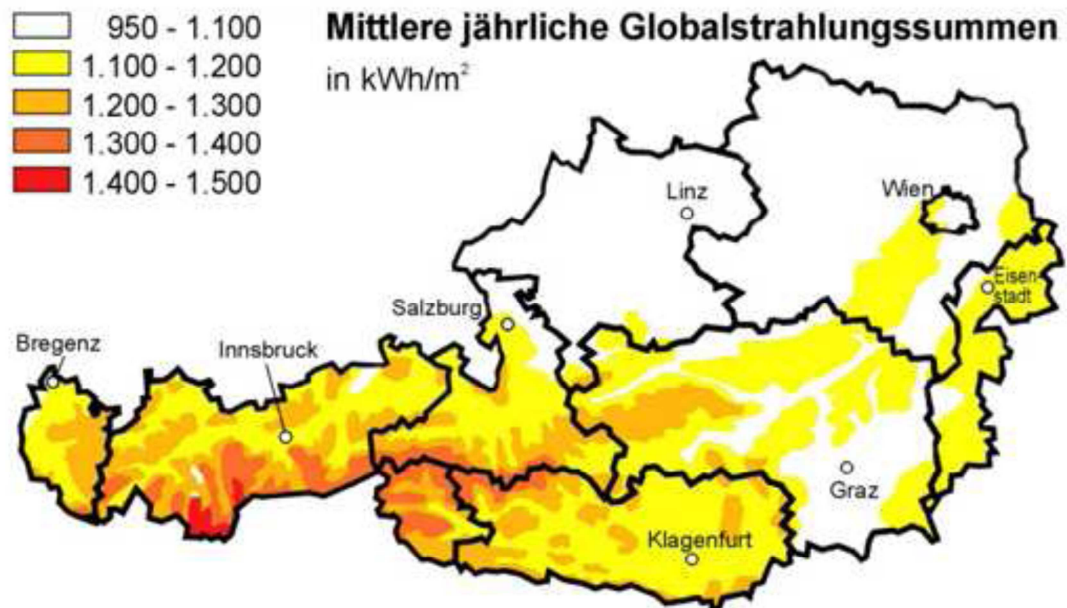


Abbildung 1: Mittlere jährliche Globalstrahlungssumme in Österreich

Quelle: Winter (2010)

Globalstrahlung in Hartberg:

Nach Berechnungen des Photovoltaic Geographical Information System beträgt die jährliche Globalstrahlungssumme am Einfamilienhaus der Fam. Lechner 1330 kWh/qm. (siehe Anlagen, Teil 2) Die Datenbasis des Photovoltaic Geographical Information System beruht auf genauen europaweiten Messungen der Globalstrahlung, welche von der Europäischen Kommission finanziert wird.

2.2 Photoeffekt

Unter dem Begriff „Photoeffekt“ versteht man das vollständige Herauslösen von Elektronen durch Licht.³

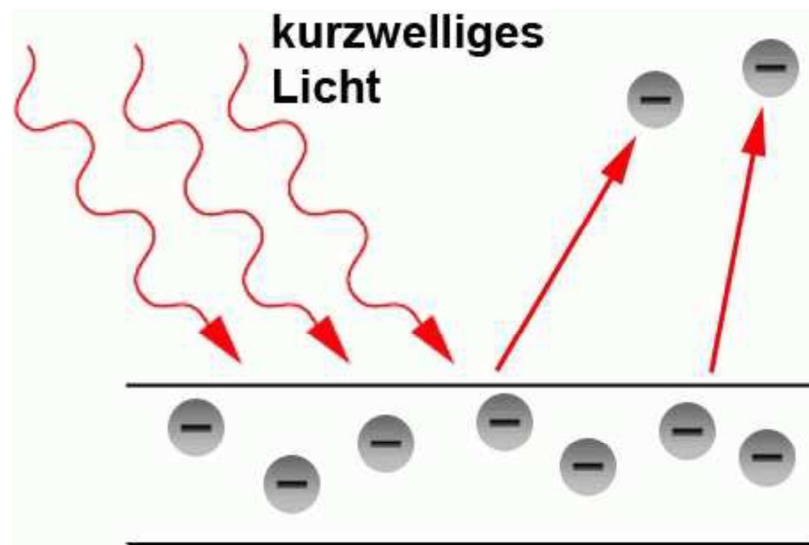


Abbildung 2: Äußerer Photoeffekt

Quelle: Winter (2010)

„Damit das Lösen von Elektronen aus einer Metalplatte gelingt, muss die Energie der einfallenden Photonen mindestens genau so groß wie die Austrittsarbeit der Elektronen sein. Dadurch wird das negative Elektron räumlich vom positiven Atomkern getrennt, was zu einer Ladungstrennung (Spannung) führt, aus der bei einem angeschlossenen äußeren Stromkreis ein Stromfluss (=Photostrom) resultiert. Der Photoeffekt gelingt daher nur mit kurzwelligem Licht (violett und UV-Licht). Je höher die Intensität des einfallenden kurzwelligen Lichtes, umso größer ist der Photostrom. Hingegen fließt bei Bestrahlung mit langwelligerem Licht auch bei noch so großen Intensitäten kein Photostrom. Da der äußere Photoeffekt sehr kurzwelliges Licht erfordert, das im Sonnenspektrum nur einen geringen Anteil hat, ist dieser Effekt nicht zur Sonnenenergienutzung geeignet. Bei der Photovoltaik wird der *innere Photoeffekt* genutzt, bei dem Elektronen von einem niedrigeren Energieniveau in ein höheres wechseln.“⁴

³ vgl. <http://www.weiterbildungskolleg-duisburg.de/physik/seite1.htm>.

⁴ Winter (2010) S. 17.

2.3 Begriffsdefinition Photovoltaik

Während bei der Solarthermie die Sonnenstrahlen in Wärme umgewandelt werden, nutzt die Photovoltaik die solare Strahlung für die Erzeugung von Strom.

Das Wort „Photovoltaik“ kommt aus dem Griechischen und setzt sich aus dem Begriff „phos“ für Licht und der Maßeinheit für elektrische Spannung (Volt, benannt nach Alessandro Volta) zusammen.⁵

„Der Begriff *Photovoltaik* definiert die direkte Umwandlung von Strahlungsenergie in Elektrizität. Licht aus diffuser oder direkter Solarstrahlung setzt in Solarzellen unter normalen Bedingungen elektrische Ladungen frei und erzeugt an den Kontakten der Zelle eine elektrische Spannung. Diesen Effekt nennt man den *photo-voltaschen Effekt*.⁶

2.4 Geschichtliche Entwicklung der Photovoltaik

Die Geschichte der Photovoltaik geht zurück bis ins Jahr 1837. Dem Physiker Alexandre Edmond Becquerel gelangen die ersten Erkenntnisse auf dem Gebiet der Photovoltaik. Er bemerkte, dass das galvanische Element mehr Energie erzeugt, wenn es mit Sonnenlicht bestrahlt wird. Die erste Publikation über Sonnenenergie und deren möglichen technischen Nutzen wurde von Augustin Mouchot veröffentlicht.

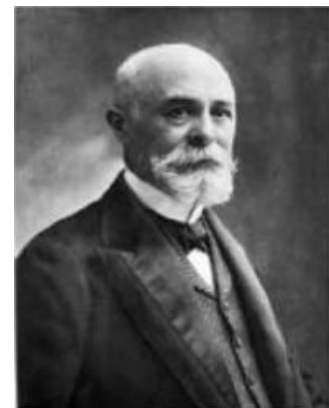


Abbildung 3: A. Becquerel

Quelle: Aue (2006)

Im Norden Chiles entstand 1872 eine der ersten technischen Anwendungen von Sonnenenergie. Mit Hilfe der Sonnenenergie wurde ein

⁵ vgl. Winter (2010) S. 4.

⁶ Rexroth (2002), S. 153.

Destillationsprozess in Gang gesetzt, welcher Salz- in Süßwasser umwandelt. Die Anlage produzierte durchschnittlich 23 000 l Süßwasser pro Tag und war 40 Jahre in Betrieb.

Ein weiteres Nutzungsgebiet war die Gewinnung von Dampf mittels Parabolspiegel. Dabei wurden die Sonnenstrahlen gebündelt und mit der erzeugten Hitze ist Wasser erhitzt und in Dampf umgewandelt worden. Die Verwendung des produzierten Dampfes war vielfältig (Maschinen, Pumpen, Druckmaschinen usw.).

Den ersten Nachweis über den photoelektrischen Effekt erbrachte Charles Fritts 1889 mit einer Selenzelle. Aufgrund der hohen Rohstoffkosten und des geringen Wirkungsgrades von 1-2 % kam es zu keiner Weiterentwicklung. Dadurch waren sie ökonomisch gesehen gegenüber fossilen Energieträgern nicht konkurrenzfähig.

Albert Einstein bekam 1921 für seine umfassende Erläuterung des Photoeffekts den Nobelpreis verliehen.

Im Jahr 1954 entwickelten die drei Forscher Gerald Pearson, Darryl Chapin und Calvin Fuller die erste anwendbare Solarzelle aus Silizium.



Abbildung 4: Die Erfinder der Silizium-Photovoltaikzelle

Gerald Pearson, Darryl Chapin, Calvin Fuller

Quelle: Wagner (2006)

Im Gegensatz zu den Selen-Zellen, welche einen Wirkungsgrad von maximal 2 % aufwiesen, konnten die Silizium-Zellen bereits 6 % der auftreffenden Sonnenenergie in elektrischen Strom umwandeln. Diese damals bahnbrechende Erfindung fand wenige Jahre, später im Jahre 1958, Anwendung beim Satellit Vanguard I. Die Energieversorgung des Satelliten erfolgte ausschließlich durch die Solarzellen. Dies legte den Grundstein für die Anwendung der Solartechnik in der Raumfahrt und ebnete den Weg für den kommerziellen Erfolg.⁷

In den siebziger Jahren gewinnt die Photovoltaik aufgrund der Ölkrise immer mehr an Bedeutung. Anfang der achtziger Jahre wurde die erste große Photovoltaikanlage in Betrieb genommen. Im Vordergrund standen dabei die technische Qualität sowie die Zuverlässigkeit. Die Wirtschaftlichkeit spielte nur eine untergeordnete Rolle.⁸

In den 90-iger Jahren wird die Photovoltaik durch Förderprogramme einzelner Staaten forciert. Die installierte Photovoltaik-Leistung wächst seither weltweit jährlich um ca. 35 %. Dieses Wachstum konzentriert sich auf wenige Länder: Japan, Deutschland, Indien, Australien, China. Mangels politischer Unterstützung wurde die Photovoltaik-Entwicklung in den USA gebremst. Infolgedessen haben größere Betriebe (z.B. Siemens) ihre Aktivität von den USA nach Deutschland verlegt. Zu Beginn der Jahrtausendwende erlebte die Photovoltaik einen massiven Aufschwung. In nur sechs Jahren, von 1999 bis 2005, hat sich der gesamte Weltmarkt auf ungefähr 1400 MWp verzehnfacht.⁹

Eine ähnliche Entwicklung konnte man auch in Österreich erkennen. Im Jahr 1992 betrug die gesamt installierte Leistung 525 kWp. Durch diverse Förderprogramme und den starken Preisverfall der Module gab es in Österreich einen regelrechten

⁷ vgl. Liebram (2009), S. 9ff.

⁸ vgl. Wagner (2006), S. 3.

⁹ vgl. Spiess (2008), S. 5.

Run auf Photovoltaikanlagen. Die kumulierte Leistung betrug im Jahr 2010 bereits 95 498 kWp. Diese hat sich somit in 18 Jahren beinahe verzweihundertfacht.

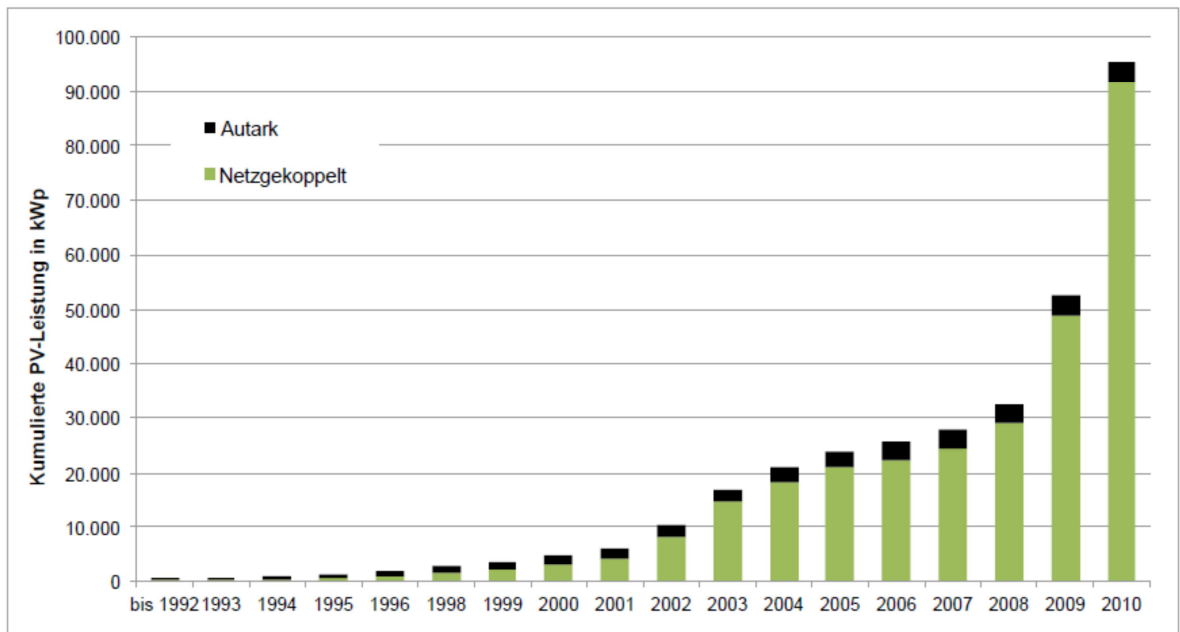


Abbildung 5: Kumulierung der installierten Leistung der Photovoltaikanlagen in Österreich

Quelle: bmvit 2010

2.5 Photovoltaiktechnik

2.5.1 Funktionsweise und Aufbau einer Photovoltaikzelle¹⁰

Unter Photovoltaik versteht man die direkte Umwandlung von Licht (Sonneneinstrahlung) in elektrische Energie. Dabei werden Solarzellen aus Halbleitermaterialien, wie Silizium, Gallium-Arsenid, Cadmium-Tellurid oder Kupfer-Indium-Diselenid, verwendet. Am häufigsten wird die kristalline Siliziumsolarzelle eingesetzt. Die Solarzellen gewinnen Strom durch den photoelektrischen Effekt ohne mechanische oder chemische Abläufe. Dadurch sind sie verschleiß- und wartungsfrei und bei der Stromproduktion von keinerlei Abnutzungen betroffen. Die

¹⁰ vgl. Aue (2006) S. 4 ff.

Lebensdauer einer Photovoltaikzelle wird zeitlich nur durch die Fehlerrate beim Zusammenbau eingeschränkt.

Die Siliziumsolarzelle setzt sich aus zwei unterschiedlich dotierten Silizium-Schichten zusammen - aus einer negativen Phosphor und einer positiven Bor-Schicht. Die negativ dotierte Phosphor-Schicht ist die Licht zugewandte Seite, welche gezielt mit Elektronenüberschuss verunreinigt wird. Ein Elektronenmangel herrscht bei der darunterliegenden positiv dotierten Bor-Schicht.

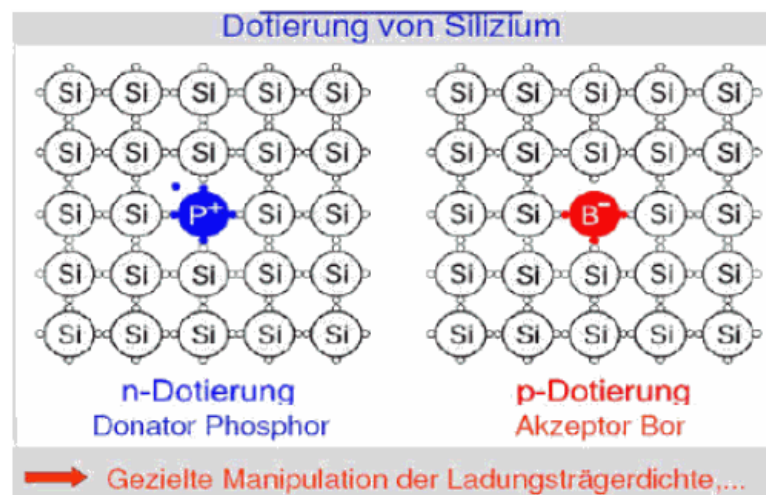


Abbildung 6: Dotierung von Silizium

Quelle: Aue (2006)

An der Grenzschicht entsteht dadurch ein entgegen der Dotierung gepoltes Feld, welches für die Trennung der freigesetzten Ladungen verantwortlich ist. Bei Lichteinfluss verstärkt sich der Elektronenüberschuss bzw. -mangel auf der jeweiligen Seite, sodass Ladungen an der Solarzelle freigesetzt werden. Die Trennung an der Grenzschicht verursacht ein Energiepotenzial in Form einer elektrischen Spannung. Wird über einen Verbraucher der Stromkreis an den beiden Polen geschlossen, fließt Strom. Die Stromentnahme erfolgt durch zwei metallische Kontakte.

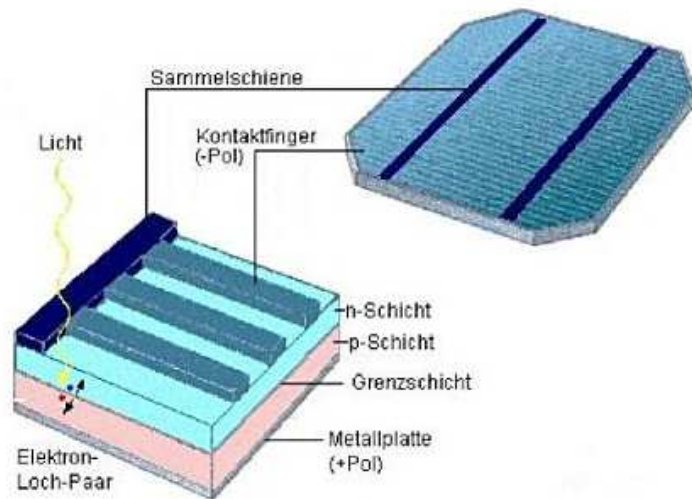


Abbildung 7: Aufbau und Funktion einer Silizium-Solarzelle

Quelle: Aue (2006)

An der Hinterseite wird meist eine ganzflächige Kontaktschicht aus Aluminium- oder Silberpaste aufgebracht. Die Lichtdurchlässigkeit an der Vorderseite ist für den Wirkungsgrad von essentieller Bedeutung. Darum werden an der Solarzellenvorderseite Kontakte in Form eines dünnen Gitters angebracht. Durch Aufdampfen einer dünnen Antireflexschicht aus Siliziumnitrid oder Titanoxid an der Vorderseite kann der Ertrag verbessert und die Lichtreflexion verringert werden. Die Antireflexschicht hat eine sehr raue Oberfläche, welche die Lichtphotonen auch bei unterschiedlichen Brechungswinkeln in die Solarzellen lenkt.

2.5.2 Energieertrag¹¹

2.5.2.1 Allgemeines

Ein wesentliches Entscheidungskriterium für die Realisierung einer Photovoltaikanlage sind die finanziellen Aspekte. Die Qualität der Anlagenkomponenten hängt maßgeblich von dem zur Verfügung stehenden Kapital ab.

¹¹ vgl. Molitor (2009), S. 64ff.

Dank heutiger neuer Technologien können Anlagen beinahe beliebiger Größen, beginnend von einigen Watt bis hin in den Megawatt-Bereich, realisiert werden. Der Energieertrag einer Photovoltaikanlage hängt von folgenden Faktoren ab:

- Kollektorfläche
- Wirkungsgrad der Anlage
- Standortklima
- Ausrichtung der Anlage

Werden die Photovoltaikmodule nicht mit dem optimalen Winkel von 30 bis 32 Grad Südlage ausgerichtet, so müssen Abschläge beim Energieertrag gebilligt werden.

<i>Ausrichtung</i> <i>Modulneigung</i>	<i>Ost</i>	<i>Südost</i>	<i>Süd</i>	<i>Südwest</i>	<i>West</i>
<i>0 Grad</i>	ca. 93 %	ca. 93 %	ca. 93 %	ca. 93 %	ca. 93 %
<i>30 Grad</i>	ca. 90 %	ca. 96 %	ca. 100 %	ca. 96 %	ca. 90 %
<i>60 Grad</i>	ca. 78 %	ca. 88 %	ca. 91 %	ca. 88 %	ca. 78 %
<i>90 Grad</i>	ca. 55 %	ca. 66 %	ca. 68 %	ca. 66 %	ca. 55 %

Tabelle 1: Energieertrag einer Solarstromanlage bezogen auf die Ausrichtung

Quelle: Molitor (2009)

Eine genaue zukünftige Abschätzung des Energieertrages lässt sich laut einiger Experten nur sehr schwer durchführen. Die Forscher vermuten, dass der größte Klimawandel der letzten 6000 Jahre kurz bevor steht. Bei ihren Untersuchungen haben sie festgestellt, dass sich der Sommer in den letzten Jahren um ca. 12 Tage verlängert hat. Deshalb sollte bei der Berechnung einer Photovoltaikanlage ein zusätzlicher Unsicherheitsfaktor mitberücksichtigt werden.

Auswirkungen auf den Energieertrag hat auch die Temperatur der Solarmodule. An sehr heißen Tagen sollte darauf geachtet werden, dass die Photovoltaikmodule gut gekühlt werden, um nicht zu stark vom STC-Standardwert 25 °C abzuweichen. Der STC-Wert gibt die individuelle Leistung unter Standard-Testbedingungen an und kann von der Nennleistung abweichen. Eine Kühlung der Module ist beispielsweise mit einer Hinterlüftung oder einer Beregnungsanlage möglich. Die größten Ertragsverluste entstehen meist durch zu hohe Modultempe-

raturen in den Sommermonaten. Eine Solarzelle aus kristallinem Silizium verliert in etwa 0,46 % an Leistung, wenn sich die Temperatur am Modul um jeweils einen Grad, vom STC Wert aus gesehen, erhöht.

Aufgrund dessen sind bei Dachflächen und Fassaden, Hinterlüftungsebenen bei der Planung zu berücksichtigen. Diese sollte ungefähr 10 cm betragen. Bei Flachdächern ist keine Hinterlüftungsebene notwendig, weil die Aufständigung der Photovoltaikmodule für ausreichend Hinterlüftung sorgt.

Selbst bei strahlendem Sonnenschein erreicht eine starr errichtete Photovoltaikanlage ihre Nennleistung nur für einen kurzen Zeitraum. Verantwortlich für den photovoltaischen Effekt sind vorwiegend die senkrecht einfallenden Sonnenstrahlen. Um eine möglichst optimale Ausnutzung des Sonnenlichts zu erreichen, werden Nachführanlagen angeboten, welche eine Effizienzsteigerung von bis zu 40 % ermöglichen. Diese sogenannten Nachführsysteme folgen immer dem hellsten Punkt im Himmel und sorgen damit für eine ausgezeichnete Nutzung der Anlage und der klimatischen Bedingungen.

In der Tabelle 2 ist eine Gegenüberstellung einer starr installierten Photovoltaikanlage im Vergleich zu einer Nachführanlage dargestellt. An sonnigen Sommertagen kann eine Ertragssteigerung von bis zu 100 % bei Verwendung einer Nachführanlage erreicht werden.

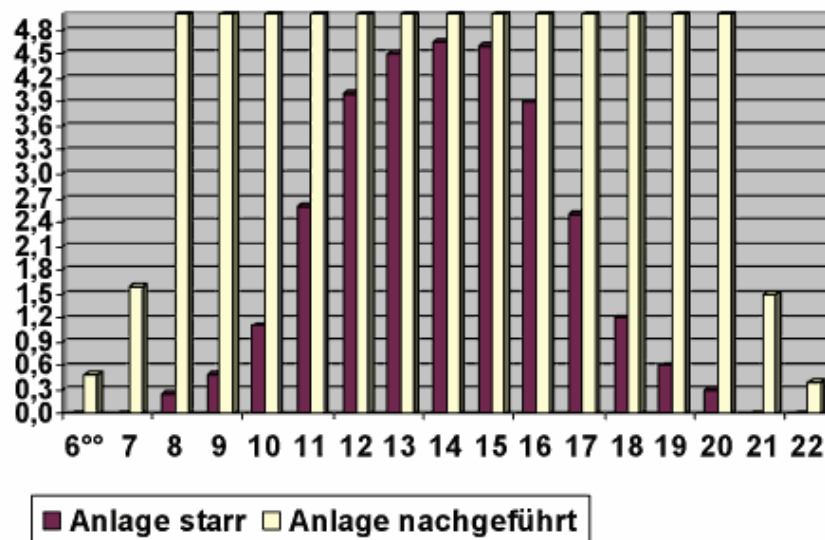


Tabelle 2: Leistungsdiagramm einer starr installierten und einer nachgeführten Anlage

Quelle: Molitor (2009)

Die Leistung der abgebildeten Anlage beträgt 5 kWp. An der vertikalen Achse wird die erbrachte Leistung im Verhältnis zur Uhrzeit auf der horizontalen Achse gezeigt.

Eine Photovoltaikanlage mit 1 kWp installierter Leistung und einer Größe zwischen 7 – 10 qm hat in Österreich – abhängig vom Standort und der Qualität der Module – einen Energieertrag von ca. 900 – 1200 kWh pro Jahr.

2.5.2.2 Photovoltaikanlage der Fam. Lechner

Die Photovoltaikanlage der Fam. Lechner hat eine Nennleistung von 5 kWp. Zum Einsatz kommen Solar-Module der Fa. Schott, welche durch ihren hohen Qualitätsstandard bekannt sind. Die Dachflächennutzung der Photovoltaikmodule beläuft sich dabei auf rund 37 qm. Aufgrund der südlichen Ausrichtung der Dachfläche und einem Neigungswinkel von 35 Grad ergibt sich nach der Berechnung des „Photovoltaic Geographical Information System“ ein geschätzter Jahresenergieertrag von 5880 kWh. (siehe Anlagen, Teil 2)

3 Ökologische Auswirkungen der Photovoltaiktechnologie auf die Umwelt

Die Auswirkungen einer Photovoltaikanlage auf die Umwelt sind im Gegensatz zu den fossilen Energieträgern vernachlässigbar gering. Im Betrieb weisen Photovoltaikanlagen kaum negative Einflüsse auf Landschaft und Umwelt auf. Einzig beim Produktionsprozess der Photovoltaikmodule entstehen aufgrund der energieintensiven Herstellung Emissionen.¹²

Die Landschaftseinflüsse sind vernachlässigbar, sofern die Photovoltaikanlage auf bereits versiegelten Flächen bzw. auf Flächen, welche man ohnehin versiegelt, installiert wird. Mögliche zweckmäßige Montageflächen wären beispielsweise die Installation der Photovoltaikanlagen auf Dächern und Fassaden von Gebäuden oder Lärmschutzwänden. Von den Landschaftseinflüssen nicht ausgenommen, sind Freiflächenanlagen, weil diese eine eigene Fläche benötigen und eine anderswertige Nutzung dadurch sehr eingeschränkt bzw. nicht möglich ist.

Vergleicht man die negativen Landschafts- und Umwelteinflüsse einer Photovoltaikanlage mit herkömmlicher Energiegewinnung, so wird die ökologische Vorteilhaftigkeit einer Solarstromanlage schnell bewusst. Die konventionelle Energieversorgung hat nicht nur negative Auswirkungen infolge der Emissionen auf das Ökosystem, sondern auch noch weitere Effekte, welche durch den Abbau und den hohen Materialeinsatz hervorgerufen werden. Die Erschließungen von neuen Braunkohle-Tagebauen sind mit einem großen Flächenverbrauch verbunden. Hinzu kommt die zusätzliche Zerstörung von Landschaften. CO₂ neutral, aber risikobehaftet im

¹² vgl. Staiß (1996) S. 96ff.

Betrieb ist der Einsatz von nuklearen Brennstoffen. Des Weiteren ist die Endlagerung der Abfälle äußerst problematisch und aufwendig.

Aber auch die Windenergie hat negative Auswirkungen auf die Umwelt. Dabei sind vor allem Effekte wie Lärm, Schattenwurf, Lichtreflexe, Kollisionsraten von Vögeln strittige Punkte. Zusätzlich wird durch den Bau von Windkraftträdern das Landschaftsbild erheblich beeinträchtigt. Bei den biogenen Brennstoffen liegt das Konfliktpotenzial bei den landwirtschaftlichen Anbauflächen. Der Anbau von Energiepflanzen hat in den letzten Jahren stark zugenommen, so dass vermehrt Stilllegungsflächen als Anbauort gewählt werden. Dies wiederum hat negative Auswirkungen auf den Boden, das Wasser und die Lebensräume von Tieren und Pflanzen. In dicht besiedelten Gebieten kann die konventionelle Stromproduktion ein Konfliktpotential darstellen. Die Ursachen dabei sind vielfältig, wie beispielsweise Lärm, Geruch, Abgase und Flächenverbrauch. Durch die Installation von gebäudeintegrierten Photovoltaikmodule werden keinerlei negative ökologische Effekte oder Gefahren auf die Umwelt übertragen.

3.1 Photovoltaik als eine der Lösungen der CO₂ Problematik

Die Menge an Schadstoffen, welche bei der Stromgewinnung durch Solarstromanlagen freigesetzt wird, ist im Vergleich zu den fossilen Brennstoffen vernachlässigbar gering. Der Großteil der Emissionen entsteht aufgrund der energieintensiven Herstellung.¹³

Durch die Nutzung der Photovoltaiktechnologie anstelle von fossilen Brennstoffen wurden im Jahr 2006 1,367 Mio. Tonnen CO₂ eingespart. Dabei entfallen nur rund 0,3 % von der Gesamtstromproduktion auf die Photovoltaik. Das Einsparungspotenzial gegenüber fossilen Brennstoffen beträgt bei Photovoltaikanlagen

¹³ vgl. Heimann (2004), S. 102.

683 g CO₂ pro Kilowattstunde. In Bezug auf die Photovoltaikanlage der Fam. Lechner wäre bei einem Jahresertrag von 5500 kWh ein CO₂ Einsparungspotential von 3757 kg gegeben.

Die österreichische Bundesregierung hat sich im Kyoto-Protokoll dazu verpflichtet, die Emittierung der Treibhausgase bis 2012 um 13 % gegenüber dem Wert von 1990, welcher 78 Mio. t betrug, zu vermindern. Die Politik hat mit der Subventionierung von erneuerbaren Energieträgern viel zu spät begonnen, welche für die Reduktion des CO₂ Ausstoßes essentiell sind. Es drohen dem Staat Österreich Strafzahlungen von bis zu einer Milliarde Euro.¹⁴

Durch die Verbrennung fossiler Rohstoffe werden enorme Mengen an CO₂ ausgestoßen, welche für den globalen Klimawandel verantwortlich gemacht werden. Die Auswirkungen des globalen Klimawandels sind hoch komplex und stehen gegenseitig in Korrelation. Folgen des globalen Klimawandels:

- Anstieg der Durchschnittstemperatur um 1,1 bis 6,4 °C
- Anstieg des Meeresspiegels – eine Folge der Klimaerwärmung
- Extreme Wetterereignisse und Naturkatastrophen nehmen stetig zu
- Ökosysteme und deren biologische Vielfalt könnten irreversible Schäden davon tragen

Die Anzahl der Naturkatastrophen, welche aus der Tabelle 3 zu entnehmen sind, hat sich in den letzten 60 Jahren mehr als verdreifacht.

Zeitraum	1950-59	1960-69	1970-79	1980-89	1990-99	1995-2004
Anzahl großer Naturkatastrophen	20	27	47	63	91	63
Volkswirtsch. Schäden in Mrd. US \$	44,9	80,5	47,6	228	703,6	566,8
Versicherte Schäden in Mrd. US \$	-	6,5	13,7	28,8	132,2	101,7

Tabelle 3: Anzahl der Naturkatastrophen von 1950 bis 2004

Quelle: Winter (2009)

¹⁴ vgl. http://www.iwr.de/klima/ausstoss_eu.html.

3.2 Gegenüberstellung des Flächenbedarfs zwischen einer Photovoltaikanlage und biogenen Brennstoffen

Die weitläufige Meinung, dass der Wirkungsgrad der Photovoltaik noch zu gering sei und erst verbessert werden müsse, ist in der heutigen Zeit nicht mehr aktuell. Die Photovoltaik ist mit einem Modulwirkungsgrad von 18 % um Größenordnungen effizienter als beispielsweise die Stromerzeugung aus Biomasse. Bei der Stromerzeugung in Verbindung mit Biogas werden zwar im Gas-BHKW Wirkungsgrade bis 40 % erreicht, jedoch liegt der Photosynthese-Wirkungsgrad deutlich unter 1 %. Aus diesem Grund beträgt der Flächenbedarf zur Stromerzeugung bei der Photovoltaik nur etwa 1 % von jenem der Biomasse. Das Energiepotential bei Biomasse stößt global betrachtet bei 25 % des derzeitigen Energiebedarfes an ihre Grenzen. Die Vorteile der Biomasse liegen in der Funktion als Energiespeicher und der jederzeitigen Abrufbarkeit.¹⁵

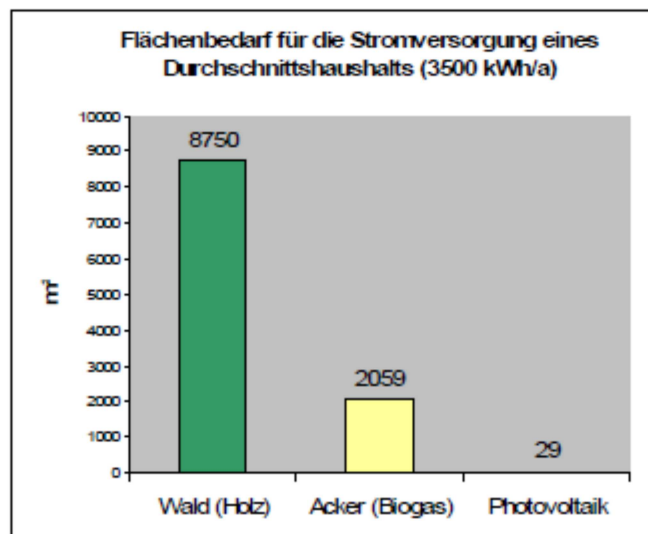


Abbildung 8: Flächenbedarf für die Stromversorgung eines Durchschnittshaushalts

Quelle: Winter (2010)

¹⁵ vgl. Winter (2010), S. 5.

3.3 Energieeinsatz bei der Produktion

Die Herstellung von Solarzellen verläuft sehr energieintensiv. In der Vergangenheit belief sich die energetische Amortisationszeit auf teilweise mehr als 20 Jahren. Diese hat sich in der heutigen Zeit durch den technologischen Fortschritt jedoch enorm verringert. Eine Photovoltaikanlage ist nur dann energietechnisch sinnvoll, wenn die energetische Amortisationszeit kleiner als die Lebensdauer ist. Genauere Betrachtungen zu dieser Fragestellung liefern beim derzeitigen technologischen Standard generell sehr positive Resultate.

Die energetische Amortisation von kristallinen Zellen liegt zwischen 2,5 (polykristalline Zellen) und rund 5 Jahren (monokristalline Zellen). Durch weitere Optimierungen im Herstellungsprozess werden sich diese Zeiten nochmals um etwa die Hälfte reduzieren lassen.¹⁶

	Deutschland	Südeuropa
Amortisationszeit in Monaten	15 - 100	7 - 76
Mittlere realistische Amortisationszeit in Monaten	mono: 55 poly: 38 amorph: 28	mono: 28 poly: 19 amorph: 14

Tabelle 4: Energetische Amortisationszeit von Photovoltaikanlagen

Quelle: Winter (2011)

3.4 Rohstoffverfügbarkeit

Der für die Solarzellenherstellung benötigte Rohstoff Silizium, ist das zweithäufigste Element auf der Erde und steht praktisch uneingeschränkt zur Verfügung. Die in den Jahren 2004/2005 vorherrschende Rohstoffpanik („Silizium geht aus“) bezog sich nur auf das hochreine Halbleiter-Silizium. Bis zu dieser Zeit erfolgte die Herstellung von Solarzellen vorwiegend aus den Abfällen der Elektronikindustrie. Aufgrund des raschen Wachstums in der Photovoltaik-Branche wurden eigene Pro-

¹⁶ vgl. Winter (2010), S. 6.

duktionsanlagen für Solarsilizium errichtet. Dies bewirkte einen deutlichen Rückgang des Rohstoffpreises von Solarsilizium.¹⁷

3.5 Entsorgung¹⁸

Die ersten großen Photovoltaikanlagen wurden in den frühen neunziger Jahren in Betrieb genommen. Seitdem steigt die Stromerzeugung aus Sonnenenergie weiter sehr stark an. Derzeit ist die Anzahl der zu entsorgenden Modulen noch relativ gering. Die Hersteller, Vertreiber und Betreiber sowie Kommunen, Gewerbe und Privatpersonen beschäftigen sich aber bereits mit geeigneten Entsorgungsmöglichkeiten der verschiedenen Photovoltaik-Technologien.

Dabei wird bei Photovoltaikanlagen in folgende Technologien unterschieden:

- Siliziumbasierte Module (meist polykristallin, aber auch monokristallin und amorph)
- Module auf Basis von Halbleiterelementen (Cadmiumtellurid, CdTe, in geringer Menge auch Kupfer-Indium-Diselenid, CIS oder Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid, CIGS)
- Vielzahl weiterer neuer Technologien

Der Markt wird vorwiegend von den auf Silizium basierenden Photovoltaikmodulen dominiert. Der Anteil der Dünnschichtmodule hat aufgrund der geringeren Produktionskosten stark zugenommen. Die Weiteren neuen Technologien besitzen derzeit keine bedeutungsvollen Marktanteile.

Bei der Entsorgung kann der Installationsbetrieb der Photovoltaikanlage Unterstützung leisten. Dieser gibt die Photovoltaikmodule an den Hersteller zurück.

¹⁷ vgl. Winter (2010), S. 7.

¹⁸ vgl. http://www.izu.bayern.de/faq/detail_faq.php?pid=0501020100299

Um zukünftigen Entsorgungsstrategien besser nachkommen zu können, haben europäische Unternehmen in der Photovoltaikindustrie die Dachorganisation „PV CYCLE“ gegründet. Die Aufgabe der Organisation ist der Aufbau eines freiwilligen Rücknahme- und Recycling-Programms für alte Photovoltaikmodule.

Recyclinganlagen:

Derzeit sind in Europa zwei Recycling-Anlagen für Photovoltaikmodule in Betrieb, die Altmodule zur Verwertung und Recycling annehmen. Bei den Photovoltaikanlagen sind bereits Recyclingraten von 90 % und mehr möglich. In den nächsten Jahren werden noch einige weitere Recycling-Anlagen, welche zurzeit noch in der Entwicklungsphase sind, in Betrieb gehen.

Durch das Recycling werden wertvolle Ressourcen geschont und Sekundärrohstoffe produziert. Ebenso wird viel Energie, welche bei einer Neuproduktion einer Photovoltaikmodule notwendig ist, eingespart. Dies hat in weiterer Folge wieder positive Auswirkungen auf die Energie- und Ökobilanz der Photovoltaiktechnologie.

4 Finanzierung und Investition

Die Errichtung einer Photovoltaikanlage sollte nicht nur einen ökologischen Hintergrund aufweisen, sondern auch ökonomische Bedürfnisse befriedigen. Gerade in der heutigen Zeit gibt es nur sehr wenige Anlageformen, welche eine gewisse Sicherheit an realer Rendite garantieren. Eine langfristige Kapitalbindung des Vermögens an ein Sparbuch ist in der heutigen Niedrigzinszeit nicht sinnvoll. Der garantierte Zinssatz am Sparbuch liegt wesentlich niedriger als die reelle Inflation, bezogen auf den Mini Warenkorb.

Während die Einlagenzinssätze auf Spareinlagen im April 2011 bei einer vereinbarten Laufzeit von über 2 Jahren bei 2,46 %¹⁹ lag, verteuerte sich der Miniwarenkorb vom April 2010 bis zum April 2011 um 6,7 %²⁰.

Der Miniwarenkorb zeigt die Preissteigerung des wöchentlichen Großeinkaufs, bezogen auf den Vorjahresmonat.²¹

In den Medien wird meistens von Inflation gesprochen, welche aus dem Anstieg des Miniwarenkorb resultiert. Jedoch findet keine Korrelation zu den üblichen Anlageformen - wie beispielsweise zum Sparbuch - statt. Sind die Zinsen am Sparbuch höher als die Inflation, dann erhöht sich die Kaufkraft des gesparten Vermögens. Ist dies nicht der Fall, schrumpft diese.

Das folgende Berechnungsbeispiel „Reale Geldentwertung“ soll die reale Kaufkraft von 10.000 Euro bei einem fix verzinsten Sparbuch unter Berücksichtigung der Preissteigerung des Miniwarenkorb nach vier Jahren zeigen.

¹⁹ <http://www.oenb.at/isaweb/report.do?report=2.9#optionen>

²⁰ <http://money.oe24.at/Teuerung-kletterte-im-April-noch-weiter-auf-3-3-3-1/27900346>

²¹ vgl. http://www.statistik.at/web_de/statistiken/preise/verbraucherpreisindex_vpi_hvpi/sonderauswertungen/index.html

Rechenbeispiel: Reale Geldentwertung

Zinseszinsrechnung:

$$K_n = K_0 \cdot q^n$$

- K_n : Endkapital
- K_0 : Anfangskapital
- q^n : Zinssatz $q = 1 + i$

Angaben:

K_0 :	10.000 Euro
n :	4 Jahre
i_{Sparbuch} :	2,5 % p.a.
K_{est} :	25 %
$i_{\text{Verteuerung Miniwarenkorb}}$:	6,7 % p.a.

Sparbuch nach 4 Jahren:

$$K_4 \text{ Sparbuch} = 10.000 \text{ Euro} \cdot [1 + (0,025 \cdot 0,75)]^4$$

$$K_4 \text{ Sparbuch} = 10.771 \text{ Euro}$$

Miniwarenkorb nach 4 Jahren:

$$K_4 \text{ Miniwarenkorb} = 10.000 \text{ Euro} \cdot (1 + 0,067)^4$$

$$K_4 \text{ Miniwarenkorb} = 12.961 \text{ Euro}$$

Reale Kaufkraft von 10.000 Euro nach 4 Jahren

$$K_4 \text{ Reale Kaufkraft} = K_0 + K_4 \text{ Sparbuch} - K_4 \text{ Miniwarenkorb}$$

$$K_4 \text{ Reale Kaufkraft} = 10.000 \text{ Euro} + 10.771 \text{ Euro} - 12.961 \text{ Euro}$$

$$\mathbf{K_4 \text{ Reale Kaufkraft} = 7.810 \text{ Euro}}$$

Das Rechenbeispiel „ Reale Geldentwertung“ zeigt, dass sich die anfänglichen 10.000 Euro am Sparbuch, nach vier Jahren Veranlagung auf 10.771 Euro erhöhen, wobei sich der Miniwarenkorb in diesem Zeitraum auf 12.961 Euro verteuert. Diese Diskrepanz bedeutet in weiterer Folge einen Kaufkraftverlust von 2190 Euro bzw. eine reale Kaufkraft von 7.810 Euro nach vier Jahren.

Die Installation einer Photovoltaikanlage ist nur dann ökonomisch vertretbar, wenn zumindest der Zinssatz am Sparbuch abzüglich der Kest erwirtschaftet wird. Um den Kaufkraftherhalt des Vermögens zu gewährleisten, müsste jedoch die Preissteigerung des Miniwarenkorbs lukriert werden. Der Strompreis beeinflusst den Miniwarenkorb indirekt bei der Güterproduktion. Daraus lässt sich ableiten, dass eine Photovoltaikanlage die optimale Absicherung gegen die jährliche Inflation bietet.

4.1 Fördersituation in Österreich

In den letzten Jahren hat sich die Fördersituation in Österreich erheblich verbessert. Die Politik hat sich in Österreich zur Green Energy bekannt und das Fördervolumen zugunsten der Photovoltaik wesentlich erhöht. Bund, Länder und Gemeinden tragen jeweils einen Teil zur Finanzierung bei. Der größte Teil wird vom Bund getragen. Die Länder und Gemeinden teilen sich in etwa die Hälfte der Gesamtförderung. In den nachfolgenden Unterkapiteln soll eine Aufschlüsselung der komplexen Fördersituation in Österreich gezeigt werden.

Alle Angaben zur Fördersituation beziehen sich auf das Jahr 2011.

4.1.1 Bundesweite Förderprogramme²²

Für die Inanspruchnahme der bundesweiten Förderprogramme sind folgende Installations- und Ausführungsmöglichkeiten zulässig:

²² vgl. <http://www.pvaustria.at/content/page.asp?id=70>

- Tarifförderung für Photovoltaikanlagen > 5 kWp
- Investitionsförderung für private netzgekoppelte Anlagen < 5 kWp
- Investitionsförderung für Photovoltaikanlagen auf Gemeindeobjekten
- Investitionsförderung für gebäudeintegrierte Photovoltaikanlage in Fertighäusern
- Investitionsförderung für Betriebe
- Förderung für Inselanlagen

4.1.1.1 Tarifförderung für Photovoltaikanlagen > 5 kWp²³

Das Ökostromgesetz, welches seit dem Jahr 2002 in Österreich existiert, regelt die bundesweiten Tarifförderungen für Photovoltaikanlagen. Die Einspeisetarife werden jährlich per Ökostromverordnung festgelegt.

Um die Genehmigung für die Tarifförderung zu erlangen, müssen 100 % des produzierten Stromes in das Netz gespeist werden.

Die Höhe der bundesweiten Tarifförderung hängt von der Leistung und vom Installationsort ab:

- Für Photovoltaikanlagen, welche ausschließlich an Gebäuden oder an Lärmschutzwänden befestigt sind, gelten folgende Einspeisetarife:

Leistung	Fördertarif
5 kWp bis 20 kWp	38 Cent/kWh
über 20 kWp	33 Cent/kWh

Tabelle 5: Tarifförderung (Gebäuden)

Quelle: Photovoltaik Austria (2011)

Link: <http://www.pvaustria.at/content/page.asp?id=70>

²³ vgl. <http://www.pvaustria.at/content/page.asp?id=70>.

- Die Einspeisetarife für Photovoltaikanlagen, welche nicht an Gebäuden und Lärmschutzwänden, sondern beispielsweise auf Freiflächen angebracht sind, setzen sich wie folgt zusammen:

Leistung	Fördertarif
5 kWp bis 20 kWp	35 Cent/kWh
über 20 kWp	25 Cent/kWh

Tabelle 6: Tarifförderung (Freiflächen)

Quelle: Photovoltaik Austria (2011)

Link: <http://www.pvaustria.at/content/page.asp?id=70>

Das Fördervolumen für die Tarifförderung wurde am 7. Juli 2011 bei der Novellierung des Ökostromgesetzes auf 50 Mio. Euro erhöht. Betroffen sind davon alle erneuerbaren Energieträger. Für die Photovoltaik entfallen dabei 8 Mio. Euro. Zusätzlich enthält das neue Ökostromgesetz einen „Resttopf“. Der „Resttopf“ in der Höhe von 19 Mio. Euro wird adaptiv für Wind- und Kleinwasserkraft als auch für Photovoltaikanlagen vergeben. All jene, welche keine Förderzusage erhalten, haben die Möglichkeit, über den „Resttopf“ 18 Cent/kWh Einspeisetarif zu beziehen.

Wegen des großen Ansturms auf die Tarifförderung und des begrenzten Förderbudgets ist eine Warteliste bis ins Jahr 2025 entstanden. Für den Abbau der Warteliste wurde im Ökostromgesetz 2012 ein Budget von 28 Mio. Euro zur Verfügung gestellt. Die Höhe der Fördertarife bzw. der Abschläge variieren. Die Einspeisetarife werden für 13 Jahre ab Inbetriebnahme garantiert. Je nach Reihung des Antragstellers bei der OeMAG müssen gewisse Abschläge bei einem vorzeitigen Bau in Kauf genommen werden. Die nachfolgende Tabelle zeigt eine Übersicht der Fördertarife bzw. des Abschlags für die Dezimierung der Warteliste:

Aufdach				
Position auf der Warteliste	PV Anlagen < 20 kWp (38 Cent/kWh)		PV Anlagen > 20 kWp (33 Cent/kWh)	
	Abschlag in Prozent	Tarif in Cent	Abschlag in Prozent	Tarif in Cent
2011	0	38,00	0	33,00
2012	7,5	35,15	5	31,35
2013	12,5	33,25	10	29,70
2014	17,5	31,35	15	28,05
2015 und danach	22,5	29,45	20	26,40
Freiland				
Position auf der Warteliste	PV Anlagen < 20 kWp (33 Cent/kWh)		PV Anlagen > 20 kWp (25 Cent/kWh)	
	Abschlag in Prozent	Tarif in Cent	Abschlag in Prozent	Tarif in Cent
2011	0	35,00	0	25,00
2012	6	32,90	2,5	24,38
2013	11	31,15	7,5	23,13
2014	16	29,40	12,5	21,88
2015 und danach	21	27,65	17,5	20,63

Tabelle 7: Abschlag Tarifförderung

Quelle: Photovoltaik Austria (2011)

Link: <http://www.pvaustria.at/content/page.asp?id=70>

Aufgrund der bereits bestehenden langen Warteliste bekommen alle Anträge, welche im Jahr 2011 eingereicht worden sind und 2012 an das Netz gehen, die Tarifabschläge von 2015 und die der folgenden Jahre.

4.1.1.2 Investitionsförderung für private netzgekoppelte Anlagen < 5 kWp²⁴

Der Wunsch vieler Österreicher nach mehr Energieautarkie und die Abkehr von fossilen Brennstoffen hin zu erneuerbaren Energieträgern haben einen enormen Ansturm auf die Investitionsförderung für Photovoltaikanlagen ausgelöst. Die vom Klima- und Energiefonds 2011 zur Verfügung gestellten Mittel in der Höhe von 35 Mio. Euro wurden innerhalb von wenigen Minuten vergriffen.

²⁴ vgl. <http://www.pvaustria.at/content/page.asp?id=70>

Das Ansuchen für die Investitionsförderung ist ausschließlich online unter der Homepage www.photovoltaik2011.at möglich. Die Reihung erfolgt nach dem „first-come–first-served“ Prinzip. Je nach Einlangen des Fördergesuchs wird der Antrag für jedes Bundesland gereiht und vergeben. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Verteilung des Budgets in der Höhe von 35 Mio. Euro auf die jeweiligen Bundesländer:

Bundesland	Mittelverteilung in Euro
Burgenland	1.940.600
Kärnten	2.676.500
Niederösterreich	9.250.500
Oberösterreich	6.136.100
Salzburg	2.006.400
Steiermark	5.525.500
Tirol	2.624.800
Vorarlberg	1.519.800
Wien	3.319.800

Tabelle 8: Mittelverteilung der Investitionsförderung

Quelle: Klima- und Energiefonds(2011)

Link: http://www.pvaustria.at/upload/2827_Klien-Foerderung-2011.pdf

Die Investitionsförderung ist ausschließlich für private Haushalte gedacht. Förderungsgegenstand sind neu installierte Photovoltaikanlagen, welche der Versorgung des privaten Wohngebäudes dienen. Um die Förderung zu erhalten, müssen mehr als 50 % der Fläche des Eigenheims für Wohnzwecke nutzbar sein. Eine Beschränkung hinsichtlich der Größe gibt es keine, jedoch werden nur maximal 5 kWp der Photovoltaikanlage gefördert.

Das Förderungsgesuch kann nur von Privatpersonen gestellt werden. Die Förderung wird nach Vorlage der Endabrechnung in Form eines nicht rückzahlbaren Pauschalbetrages erstattet.

Förderungsfähig sind folgende Investitionskosten:

- Photovoltaikmodule
- Wechselrichter
- Aufständungen, Nachführungssysteme
- Montage, Elektroinstallationen, Schaltschrankumbauarbeiten

- Blitzschutz, Datenlogger
- Planungskosten bis zu 10 % der anerkehbaren Investitionskosten

Nicht förderungsfähige Investitionskosten sind:

- Stromspeicher (Akkus, Batterien), Laderegler
- neuer Zählerkasten, Zählertausch
- Entsorgungskosten
- Miete, Gebühr für Zählpunkt, Bauanzeige, Gebühren im Allgemeinen
- Rechnungen vom Stromanbieter
- Versicherungskosten
- Backup-Systeme, Displays
- Dacheindeckung
- Materialien, die in Eigenleistung verbaut wurden

Die Förderungspauschale für freistehende und Aufdach-Anlagen beläuft sich auf 1.100 Euro/kWp. Bei Gebäude integrierten Photovoltaikanlagen beträgt die Förderungspauschale 1.450 Euro/kWp. Hinsichtlich der Anlagengröße liegt keine Beschränkung vor, jedoch werden maximal 5 kWp gefördert.

Die Förderung darf jedoch nicht die 30 % der anerkehbaren Investitionskosten (inkl. Mehrwertsteuer) übersteigen. Das heißt, wenn sich die Gesamtkosten einer freistehenden Photovoltaikanlage mit 5 kWp unter 18.333 Euro belaufen, beträgt die Förderungspauschale nicht 1.100 Euro/kWp, sondern verringert sich um den Prozentsatz. Dasselbe gilt für die gebäudeintegrierten Photovoltaikanlagen. Bei dieser Ausführungsform liegt die Förderabschlagsgrenze mit 5 kWp allerdings bei 24.166 Euro.

Zusätzlich zu den Förderungsmitteln vom Klima- und Energiefonds besteht auch die Möglichkeit, Zuschüsse von den Ländern in Anspruch zu nehmen. Dabei wurde aber eine Obergrenze von 2.000 Euro/kWp bzw. 50 % als Fördermaximum festgelegt. Das heißt, die Summe der Bundes- und Landesförderungen sind mit 2.000 Euro/kWp bzw. 50 % der anerkehbaren Investitionskosten begrenzt.

4.1.1.3 Investitionsförderung für Photovoltaikanlagen auf Gemeindeobjekten²⁵

Der Klima- und Energiefonds fördert das Engagement von klimaschonenden und umweltbewussten Stromerzeugungsanlagen in den Klima- und Energiemodellregionen. Um eine Investitionsförderung zu erhalten, muss sich der Antragsteller in Klima- und Energiemodellregionen befinden. Das Ziel der Klima- und Energiemodellregionen ist, die Energieautonomie von Gemeinden und Regionen zu forcieren. Die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen soll reduziert werden.

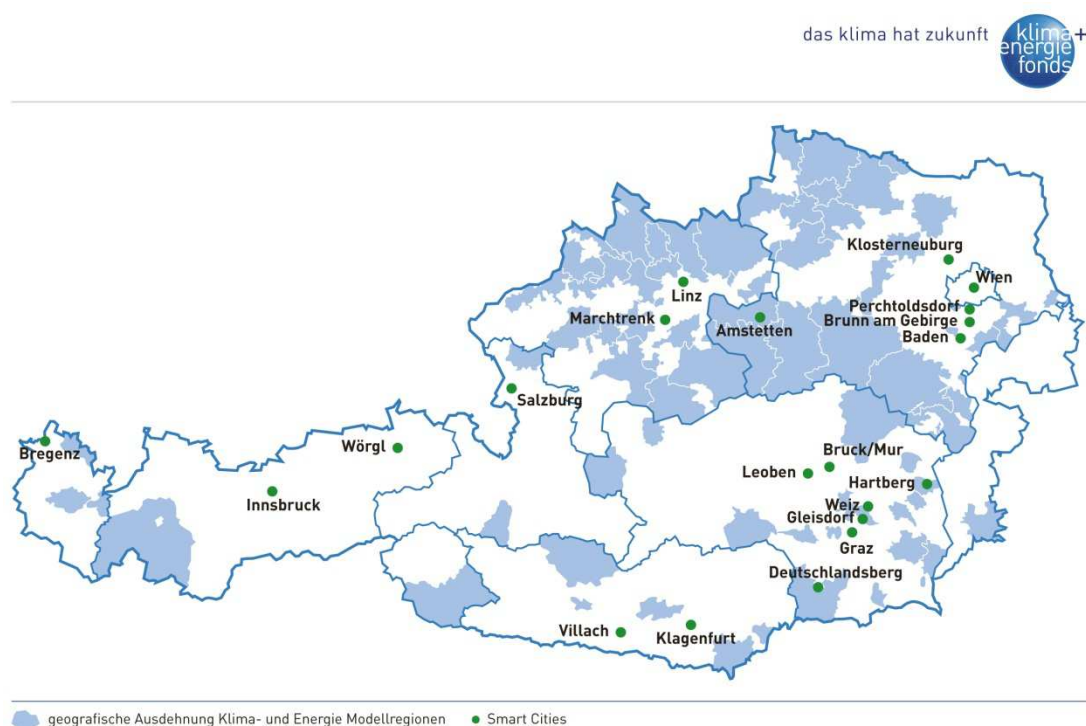


Abbildung 9: Klima-Energiemodellregionen in Österreich

Quelle: Klima- und Energiefonds

Link: http://www.ots.at/presseaussendung/download/OBS_20110520_OBS0014

²⁵ vgl. http://www.pvaustria.at/upload/2974_leitfaden_energie_modellregionen_2011.pdf.

Berechtigt für die Antragstellung sind folgende juristische Personen:

- Gemeinden
- Betreibergesellschaften, wobei die EVUs maximal 49 % Anteil an der Betreibergesellschaft halten dürfen. Betreibergesellschaften sind nur in Form einer Kapitalgesellschaft zulässig.
- gemeindeeigene Betriebe
- Bürgerbeteiligungsgesellschaften, z.B. Vereine, Genossenschaften

Förderungsgegenstand sind netzgekoppelte Photovoltaikanlagen mit einer Leistungsabgabe von maximal 40 kWp. Die Platzierung der Anlage muss auf gemeindeeigenen Gebäuden oder Grundstücken erfolgen. Gefördert werden ausschließlich Standorte, die sich in einer beauftragten Klima- und Energiemodellregion befinden.

Förderungsfähig sind folgende Investitionskosten:

- Photovoltaikmodule
- Wechselrichter
- Aufständungen, Nachführungssysteme
- Montage, Elektroinstallationen, Schaltschrankumbauarbeiten
- Blitzschutz, Datenlogger,
- Planungskosten bis zu 10 % der anerkekbaren Investitionskosten

Die Förderung ist abhängig von der installierten Anlagenleistung und beträgt 1.100 Euro/kWp. Der Zuschuss ist jedoch mit 30 % der anerkekbaren Investitionskosten begrenzt. Für jede Klima- und Energieregion stehen 60 kWp Fördervolumen zur Verfügung. Dies entspricht einem maximalen Investitionsvolumen von 66.000 Euro.

Die Vergabe der Fördermittel erfolgt nach Rangfolge. Erst nach Eintreffen des vollständigen Fördergesuchs kann die Antragstellung berücksichtigt werden.

4.1.1.4 Investitionsförderung für gebäudeintegrierte Photovoltaikanlage in Fertighäusern²⁶

Der Klima- und Energiefonds unterstützt mit dem Förderprogramm „Gebäudeintegrierte Photovoltaikanlagen in Fertighäusern“ die energetische Unabhängigkeit von Fertighäusern mit integrierter Solarstromanlage. In Betracht kommen nur Fertighäuser, die den energiewirtschaftlichen Auflagen von hocheffizienten Gebäuden unterliegen (z.B. Passivhaus, < 30 kWh Heizwärmebedarf lt. Energieausweis, uvm.).

Im Zuge der Angebotslegung des Fertighauses kann der Kunde, sofern der Fertighausanbieter ein geeignetes Produkt führt, das Fertighaus mit der gebäudeintegrierten Photovoltaikanlage als Gesamtpaket anbieten lassen. In der Folge beantragt der Fertighausanbieter, mit Zustimmung des Kunden, die Fördermittel beim Klima- und Energiefonds.

Die Fördermittel für gebäudeintegrierte Photovoltaikanlagen betragen 1.450 Euro/kWp. In Betracht auf die Anlagengröße liegen keine Beschränkungen vor, jedoch werden maximal 5 kWp gefördert. Die höchstmögliche Förderung vom Klima- und Energiefonds beträgt somit 7.250 Euro je Fertighaus. Die gesamten Fördermittel für die Aktion „gebäudeintegrierte Photovoltaikanlagen“ belaufen sich auf 650.000 Euro. Zusätzlich zu den Förderungsmitteln vom Klima- und Energiefonds besteht auch die Möglichkeit, Zuschüsse von den Ländern in Anspruch zu nehmen. Dabei wurde aber eine Obergrenze von 2.000 kWp bzw. 50 % als Fördermaximum festgelegt. Das heißt, die Gesamtsumme aller Förderungen ist mit 2.000 kWp bzw. 50 % der anerkennbaren Investitionskosten gedeckelt.

²⁶ vgl. <http://www.klimafonds.gv.at/foerderungen/aktuelle-foerderungen/2011/gebaeudeintegrierte-photovoltaik-anlagen-in-fertighaeusern/>.

4.1.1.5 Investitionsförderung für Betriebe²⁷

Mit der Förderaktion „Mustersanierung“ haben Unternehmen erstmalig die Möglichkeit, Fördermittel vom Klima- und Energiefonds in Anspruch zu nehmen. Gefördert werden Photovoltaikanlagen mit einer Leistung von bis zu 100 kWp.

Um in den Genuss der Förderaktion zu kommen, wird eine thermische Sanierung vorausgesetzt. Folgende thermische Sanierungen werden gefördert:

- Isolierung des Daches
- Isolierung der Außenwände
- Austausch der Fenster und Außentüren
- Lüftungssysteme mit Wärmerückgewinnung
- Verschattungssysteme zur Minderung des Kühlbedarfs
- etc.

Den Anspruch auf die Förderung erhalten nur Projekte, welche den Heizwärme- und Kühlbedarf gemäß den Anforderungen von OIB um mindestens 55 % in der jeweiligen Gebäudekategorie unterschreiten.

Förderungsgegenstand sind Mehrinvestitionskosten, die umweltrelevante Einflüsse aufweisen. Die in den ersten drei Jahren durch das Projekt erwirtschafteten Kosteneinsparungen und Erträge werden mit den gesamten umweltrelevanten Investitionskosten gegenverrechnet. Das Ergebnis der Subtraktion sind die Mehrinvestitionskosten.

Für ein Projekt stehen maximal 600.000 Euro an Fördermittel zur Verfügung. Diese Zuschüsse gelten für die energetische Gebäudesanierung und den Einsatz von erneuerbaren Energiesystemen. Der Fördersatz für thermisch-energetische Gebäudesanierung beläuft sich dabei auf 45 % der umweltrelevanten Mehrinvestitionskosten. Die Förderung für Photovoltaikanlagen beträgt 1.100 Euro/kWp. Für

²⁷ vgl. http://www.pvaustria.at/upload/2959_LF_mustersanierung_2011.pdf.

die Photovoltaikanlage ist das Investitionsvolumen mit 110.000 Euro begrenzt. Dies entspricht einer installierten Leistung von 100 kWp.

4.1.2 Landesweite Förderprogramme bezogen auf die Steiermark

4.1.2.1 Direktförderung²⁸

Bei der Direktförderung 2011 vom Land Steiermark gibt es drei verschiedene Fördersätze und Kriterien, welche vom Datum der Einreichung des Fördergesuchs und der Errichtung der Photovoltaikanlage abhängig sind:

- Einreichung des Fördergesuchs bis zum 30. April 2011
- Errichtung der Photovoltaikanlage vor dem 1. Mai – Stellen des Fördergesuchs nach dem 1. Mai
- Errichtung der Photovoltaikanlage nach dem 1. Mai

a) Einreichung des Fördergesuchs bis zum 30. April 2011²⁹

Vom Land Steiermark wird für die Errichtung einer neuen Anlage ein Direktzuschuss von 500 Euro in Form eines Sockelbetrages und Fördermittel in der Höhe von 1.000 Euro zur Verfügung gestellt. Die Zuschüsse vom Land gelten nur für Anlagen > 3 kWp. Wird eine größere Anlage installiert, so gibt es zusätzlich 250 Euro für jedes erreichte kWp. Gefördert werden vom Land Steiermark maximal 5kWp. Falls eine größere Anlage errichtet wird, ist die Förderung mit 5 kWp begrenzt.

Die Fördermittel der Landesförderung sind mit 2.000 Euro je Photovoltaikanlage begrenzt. Im Geschosswohnbau liegt die Obergrenze bei 15 kWp bzw. bei 4.500 Euro. Wird die Landesförderung gemeinsam mit dem Klima- und Energiefonds in Anspruch genommen, so reduziert sich der Zuschuss auf maximal

²⁸ vgl. <http://www.pvaustria.at/content/page.asp?id=68>.

²⁹ vgl. http://www.pvaustria.at/upload/2574_Richtlinie.pdf.

1.500 Euro je Anlage. Die Förderung verringert sich dabei auf 750 Euro, und der Zuschuss für jedes weitere kWp beträgt 187,5 Euro. Der Sockelbetrag liegt bei Inanspruchnahme der Förderung vom Klima- und Energiefonds bei 375 Euro.

b) Errichtung der Photovoltaikanlage vor dem 1. Mai – Stellen des Fördergesuchs nach dem 1. Mai³⁰

Wurde die Photovoltaikanlage vor dem 1. Mai installiert aber das Fördergesuch nach dem 1. Mai gestellt, müssen folgende Fördervoraussetzungen berücksichtigt werden:

- Die Jahresenergieerzeugung der Photovoltaikanlage muss mindestens 900kWh/kWp aufweisen. Ein rechnerischer Nachweis ist dazu notwendig.
- Die Photovoltaikanlage muss mindestens 3 kWp Leistung aufweisen
- Alle verwendeten Anlagenteile müssen neu sein. Gebrauchte Komponenten sind nicht zulässig.
- Ein Zuschuss von der jeweiligen Gemeinde ist Voraussetzung.
- Ansprüche auf weitere Förderungen sind nicht möglich. Die einzige Ausnahme bietet der Klima- und Energiefonds.

Für eine Photovoltaikanlage mit 3 kWp Leistung stehen 500 Euro in Form eines Sockelbetrages und eine Förderung in der Höhe von 1000 Euro zur Verfügung. Wird eine größere Anlage installiert, so gibt es zusätzlich 250 Euro für jedes installierte kWp. Subventioniert werden vom Land Steiermark maximal 5 kWp. Falls eine größere Anlage errichtet wird, ist die Förderung mit 5 kWp begrenzt. Wenn die Subventionen des Klima- und Energiefonds in Anspruch genommen werden, reduziert sich die Förderung einer 3 kWp Photovoltaikanlage auf 750 Euro und der Zuschuss für jedes weitere kWp beträgt dann nur mehr 187,5 Euro. Der Sockelbetrag reduziert sich auf 375 Euro.

In Bezug auf den Geschosswohnbau werden maximal 15 kWp bzw. 4000 Euro vom Steirischen Umweltlandesfonds gefördert.

³⁰ vgl. <http://www.pvaustria.at/content/page.asp?id=68>

c) Errichtung der Photovoltaikanlage nach dem 1. Mai³¹

Ist die Errichtung der Photovoltaikanlage nach dem 1. Mai erfolgt, sind folgende Fördervoraussetzungen zu berücksichtigen:

- Die Photovoltaikanlage muss mindestens 2 kWp Leistung aufweisen.
- Das Fördergesuch hat vor der Errichtung zu erfolgen.
- Der Liefer- und Leistungsbeginn darf nicht vor dem 1. Mai sein.
- Alle verwendeten Anlagenteile müssen neu sein. Gebrauchte Komponenten sind nicht zulässig.
- Ein Zuschuss von der jeweiligen Gemeinde ist Voraussetzung.
- Ansprüche auf weitere Fördermittel seitens anderer Landesdienststellen sind ausgeschlossen.
- Die Jahresenergieerzeugung der Photovoltaikanlage muss mindestens 900 kWh/kWp bzw. 600 kWh/kWp bei einer fassadenintegrierten Lösung aufweisen. Ein rechnerischer Nachweis ist dazu notwendig.

Für eine Photovoltaikanlage mit 2 kWp Leistung stehen 500 Euro in Form eines Sockelbetrages und eine Förderung in der Höhe von 750 Euro zur Verfügung. Wird eine größere Anlage installiert, so gibt es zusätzlich 250 Euro für jedes installierte kWp. Folglich beträgt für 0,5 kWp die Förderung 125 Euro. Subventioniert werden vom Land Steiermark maximal 5 kWp. Falls eine größere Anlage errichtet wird, ist die Förderung mit 5 kWp begrenzt. Wenn die Subventionen des Klima- und Energiefonds in Anspruch genommen werden, reduziert sich die Förderung einer 2 kWp Photovoltaikanlage auf 562,5 Euro, und der Zuschuss für jedes weitere kWp beträgt dann nur mehr 187,5 Euro. Der Sockelbetrag reduziert sich auf 375 Euro.

In Bezug auf den Geschosswohnbau werden maximal 15 kWp bzw. 4000 Euro vom Steirischen Umweltlandesfonds gefördert.

³¹ vgl. <http://www.pvaustria.at/content/page.asp?id=68>

4.1.2.2 Subventionierung von Photovoltaikanlagen im Zuge der Wohnbauförderung³²

Sanierung:

Bei einer Wohnbausanierung beträgt die Förderungsobergrenze 35.000 Euro oder maximal 15 % der Anschaffungskosten. Die Förderung ist nicht rückzahlbar.

Neubau:

Im Zuge eines Neubaus beträgt die Förderung maximal 7.000 Euro, wobei es sich bei dem Zuschuss um einen rückzahlbaren Kredit handelt. Die Photovoltaikanlage muss über eine Mindestgröße von 1,5 kWp verfügen.

4.1.2.3 Subventionierung von Photovoltaikanlagen bei Gemeindebauten³³

Das Land Steiermark gewährt für den Bau von Photovoltaikanlagen an gemeindeeigenen Bauwerken eine zuzügliche Investitionsförderung in der Höhe von 250 Euro je kWp. Voraussetzung ist jedoch, dass keine weiteren Förderungen, wie beispielsweise die Direktförderung vom steirischen Umweltlandesfonds, in Anspruch genommen werden. Das Fördervolumen beträgt für jede Gemeinde 2.500 Euro. Das Fördergesuch ist bei der Steweag-Steg GmbH einzureichen.

4.1.3 Förderung von Photovoltaikanlagen auf Gemeindeebene am Beispiel Lafnitz

Die Gemeinde Lafnitz fördert bei der Errichtung einer Photovoltaikanlage 350 Euro/kWp. In Betracht auf die Anlagengröße liegen keine Beschränkungen vor, jedoch werden von der Gemeinde maximal 5 kWp gefördert. Anspruch auf die Förderung haben private Haushalte mit Hauptwohnsitz in Lafnitz.³⁴

³² vgl. <http://www.pvaustria.at/content/page.asp?id=68>.

³³ vgl. <http://www.pvaustria.at/content/page.asp?id=68>.

³⁴ Informationsgespräch mit Hr. Werner Pichler, Gemeindesekretär in Lafnitz, vom 27.09.2011.

4.1.4 Zusammenfassung der Fördermittel für die Photovoltaikanlage der Fam. Lechner

4.1.4.1 Fördersituation auf Bundesebene

Bezogen auf die Situation der Fam. Lechner, besteht auf bundesweiter Ebene die Möglichkeit der Wahl zwischen einer Tarifförderung oder der Investitionsförderung für private netzgekoppelte Anlagen.

Tarifförderung

Bei der Tarifförderung gibt es für Aufdach-Anlagen einen Fördertarif von 38 Cent/kWh. Dieser Fördertarif gilt aber nur, wenn eine Förderzusage für das Jahr 2011 besteht. Im Fall der Fam. Lechner ist aber aufgrund der hohen Überzeichnung der vorigen Jahre die Förderzusage erst für das Jahr 2021 gegeben. Der Bund hat jedoch im Ökostromgesetz 2012 zusätzliche Mittel für den Abbau der Warteliste freigeben. Wird die Anlage, welche eine Förderzusage für das Jahr 2021 bekommen hat, bereits im Jahr 2012 in Betrieb genommen, so müssen Abschläge in Kauf genommen werden. Für die Fam. Lechner würde dies einen Fördertarif von 29,45 Cent/kWh bedeuten. Der Fördertarif wird für 13 Jahre garantiert. Danach erfolgt eine neue Festlegung der Tarifförderung. Mit einer Jahresenergieerzeugung von 1.100 kWh/kWp erwirtschaftet die Photovoltaikanlage, welche 5 kWp Leistung aufweist, 5.500 kWh im Jahr. Multipliziert mit dem Fördertarif, ergibt sich ein jährlicher Erlös von 1619,75 Euro. Auf einen Garantiezeitraum von 13 Jahren betrachtet, würde dies Einkünfte von rund 21.056,75 Euro bedeuten.

Investitionsförderung:

Die Investitionsförderung für private netzgekoppelte Anlagen wäre die bundesweite Alternative zur Tarifförderung. Die Investitionsförderung beträgt bei Aufdach-Anlagen 1100 Euro/kWp. Subventioniert werden aber maximal 30 % der Anschaffungskosten. Eine Beschränkung hinsichtlich der Größe gibt es keine, jedoch wer-

den nur maximal 5 kWp der Photovoltaikanlage gefördert. Bei der 5kWp Aufdach-Anlage der Fam. Lechner beträgt die Förderung bei Inanspruchnahme der Investitionsförderung aufgrund der geringeren Anschaffungskosten von 17.518,80 Euro nicht die 5.500 Euro, sondern nur 5255,64 Euro. Wenn zu den Zuschüssen vom Bund auch Subventionen von den Ländern in Anspruch genommen werden, dann gilt eine Förderobergrenze von 2.000 Euro/kWp bzw. 50 % der anerkannten Investitionskosten. Für die der Fam. Lechner würde dies, bezogen auf die Anschaffungskosten, einen maximalen Investitionszuschuss von 8.759,4 Euro bedeuten.

4.1.4.2 Fördersituation auf Landesebene

Die Förderzuschüsse auf Landesebene fallen wesentlich geringer aus als die des Bundes. In Bezug auf die Fördersituation ist auf Landesebene nur die Direktförderung für die Photovoltaikanlage der Fam. Lechner möglich. Bei der Direktförderung gibt es drei verschiedene Fördersätze und Kriterien, welche vom Datum der Einreichung des Fördergesuchs und der Errichtung der Anlage abhängig sind:

- Einreichung des Fördergesuchs bis zum 30. April 2011
- Errichtung der Photovoltaikanlage vor dem 1. Mai – Stellen des Fördergesuchs nach dem 1. Mai
- Errichtung der Photovoltaikanlage nach dem 1. Mai

Im Fall der Fam. Lechner kommt der Fördersatz „Errichtung der Photovoltaikanlage nach dem 1. Mai“ zum Tragen, weil der Baubeginn erst im Frühjahr 2012 stattfinden wird. Alle zu erfüllenden Kriterien für die Inanspruchnahme der Subventionen wurden vom Förderungsnehmer erfüllt.

Falls bei den bundesweiten Förderprogrammen die „Investitionsförderung“ in Anspruch genommen wird, müssen Abschläge bei der Landesförderung in Kauf genommen werden. Die nachfolgende Tabelle zeigt eine Übersicht der Zuschüsse seitens des Landes:

	<i>Tarifförderung</i>	<i>Investitionsförderung</i>
Förderung bei 5kWp	1.500 Euro	1.125 Euro
Sockelbetrag	500 Euro	375 Euro
<u>Gesamt:</u>	<u>2.000 Euro</u>	<u>1.500 Euro</u>

Tabelle 9: Direktförderung des Landes Steiermark

Quelle: Autor (2011) in Anlehnung an PV Austria

Die Förderzuschüsse des Landes Steiermark betragen für die 5 kWp Photovoltaikanlage und einer Inanspruchnahme der bundesweiten Tarifförderung 2.000 Euro. Wenn die Entscheidung auf Bundesebene für die Investitionsförderung fällt, werden seitens des Landes Steiermark 1.500 Euro für die Installation der Photovoltaikanlage gefördert.

4.1.4.3 Fördersituation auf Gemeindeebene

Auf Gemeindeebene besteht ein Förderungsanspruch von 350 Euro/kWp. Für die Fam. Lechner würde dies im konkreten Fall zusätzlich zur Bundes- und Landesförderung einen Zuschuss von 1.750 Euro bedeuten. Besondere Vorgaben liegen auf Gemeindeebene keine vor, jedoch werden maximal 5 kWp bzw. 1.750 Euro gefördert.

4.2 Finanzierung

4.2.1 Definition

Unter Finanzierung versteht man im enger gefassten Sinn, die Beschaffung von Geld und geldwerten Gütern. In der erweiterten Definition ist mit dem Begriff „Finanzierung“ sowohl die Beschaffung von Geld und geldwerten Gütern als auch die Umschichtung, Sicherung und Reduzierung von Kapital zu verstehen.³⁵

³⁵ vgl. Becker (2009), S. 113.

Im Detail werden in diesem Kapitel die Möglichkeiten für die Beschaffung von Kapital hinsichtlich der Errichtung einer Photovoltaikanlage ermittelt. Des Weiteren wird eine Gegenüberstellung einer eigen- und fremdfinanzierten (auf Kreditbasis) Photovoltaikanlage durchgeführt. Unter Berücksichtigung aller möglichen Förderungen und Kreditsubventionen wird die optimale Finanzierungslösung für die 5kWp große Photovoltaikanlage der Fam. Lechner eruiert.

4.2.2 Ermittlung des Finanzierungs- und Kapitalbedarfes für die Photovoltaikanlage der Fam. Lechner

Um eine aussagekräftige Entscheidung der Finanzierung einer Photovoltaikanlagen zu erhalten, bedarf es im Vorhinein einer genauen Kalkulation der Kosten. Nur mit Hilfe eines entsprechenden Angebotes kann eine seriöse Entscheidungsfindung hinsichtlich der Kapitalherkunft getroffen werden.

Einen wesentlichen Anteil an den Investitionskosten hat die Wahl der Photovoltaikmodule. Dabei fiel im konkreten Fall der Fam. Lechner die Entscheidung auf die Solarzellen mit der polykristallinen Ausführung. Diese Variante hat gegenüber den monokristallinen und amorphen Photovoltaikzellen den Vorteil, dass sie wesentlich weniger Dachfläche für die vorgegebene Leistung von 5 kWp benötigt. Die Kehrseite dieser Ausführung sind jedoch die höheren Investitionskosten. Die Anschaffungskosten für die 5kWp große Photovoltaikanlage der Fam. Lechner betragen 17.518,80 Euro. (siehe Anlagen, Teil 1) In dieser Summe sind alle Leistungen und erforderlichen Komponenten inbegriffen.

Die Finanzierungs- bzw. Investitionskosten sind von der Wahl der Förderprogramme abhängig. Die Fam. Lechner hat die Möglichkeit zwischen einer *bundesweiten Tarifförderung* oder der *bundesweiten Investitionsförderung* zu entscheiden. Die Fördermittel des Landes Steiermark sowie der Gemeinde Lafnitz sind von der Wahl der bundesweiten Förderung unabhängig.

I. Tarifförderung

Das Finanzierungsvolumen wird bei Verwendung der Tarifförderung wesentlich höher sein als bei der Investitionsförderung, weil es keine Investitionszuschüsse

seitens des Bundes gibt. Der Vorteil dieses Förderprogrammes ist aber der hohe Einspeisetarif von 0,2945 Euro/kWh. In der nachfolgenden Tabelle wird das Finanzierungsvolumen in Verbindung mit der Tarifförderung berechnet.

Ermittlung des Finanzierungsvolumens	
Anschaffungskosten der Photovoltaikanlage	17.518,8 Euro
Landesförderung	- 2.000 Euro
Gemeindeförderung	- 1.750 Euro
<i>Investitionskosten</i>	<u>13768,8 Euro</u>

Tabelle 10: Ermittlung des Finanzierungsvolumens (Tarifförderung)

Quelle: Autor (2011)

II. Investitionsförderung

Die bundesweite Investitionsförderung hat gegenüber der Tarifförderung den Vorteil, dass das Finanzierungsvolumen wesentlich geringer ist. Bei der Investitionsförderung wird seitens des Bundes einmalig ein Investitionszuschuss gewährt. Dieser ist bei der Tarifförderung nicht gegeben.

Ermittlung des Finanzierungsvolumens	
Anschaffungskosten der Photovoltaikanlage	17.518,8 Euro
Bundesweite Investitionsförderung	- 5255,64 Euro
Landesförderung	- 1.500 Euro
Gemeindeförderung	- 1.750 Euro
<i>Investitionskosten</i>	<u>9013,16 Euro</u>

Tabelle 11: Ermittlung des Finanzierungsvolumens (Investitionsförderung)

Quelle: Autor (2011)

4.2.3 Kapitalbeschaffungsmöglichkeiten

Die Wahl der Kapitalherkunft ist in vielen Fällen eine nicht sehr angenehme Situation für den Entscheidungsträger. Falls die Guthaben in den Sparbüchern für die Investition nicht ausreichen, muss bei der Bank um ein Darlehen angesucht werden. Der Nachteil eines Darlehens ist der hohe Zinssatz, welcher die Investition um

einiges verteuert. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, sofern der Besitz von Grundstücken oder Immobilien vorhanden ist, diese zu veräußern, damit die notwendige Liquidität für die Investition geschaffen wird. Falls man im Besitz von Wertpapieren ist, können auch diese veräußert werden, um die notwendige Solvenz für die Errichtung der Photovoltaikanlage zu erreichen.

Im Fall der Fam. Lechner wird eine Finanzierung der Photovoltaikanlage mit Eigenmittel bevorzugt. Welche Eigenmittel konkret für die Investition verwendet werden, stehen noch nicht fest, weil die Investition erst im Frühjahr 2012 durchgeführt wird.

4.3 Investition³⁶

4.3.1 Definition

Die Definition von Investition lässt sich in eine betriebswirtschaftliche und in eine wirtschaftswissenschaftliche Sichtweise einteilen.

Betriebswirtschaftlich gesehen versteht man unter dem Begriff „Investition“ den Einsatz von Geldmitteln zur Beschaffung von längerfristigem Kapital für die Güterproduktion. Die Verwendung des Kapitals kann aber auch zur Erhaltung, Verbesserung oder Erweiterung eines bereits bestehenden Objektes genutzt werden.

Bei der wirtschaftswissenschaftlichen Sichtweise wird unter dem Begriff „Investition“ der Einsatz von Finanzmitteln für die Schaffung von neuen oder höheren Geldgewinnen aus dem bereits bestehenden Unternehmen verstanden.

Eine erfolgreiche Investition ist zu einem nicht unwesentlichen Teil vom Zinssatz am Sparbuch abhängig. Die Rendite der Anlage muss mindestens auf dem Zinsniveau des Sparbuches liegen. Sollte das Zinsniveau am Sparbuch höher sein als die Rendite der Anlage, so wäre es sinnvoller, das Geld am Bankkonto zu belas-

³⁶ vgl. Becker (2009), S. 113.

sen. Daraus lässt sich ableiten, dass ein hoher Zinssatz negative Auswirkungen auf die Investitionsbereitschaft der Unternehmen und Privaten hat.

4.3.2 Grundlagen

4.3.2.1 Phasen der Investition³⁷

Der Investitionsprozess lässt sich in vier Phasen gliedern:

- I. Zielsetzung
- II. Planung
- III. Durchführung
- IV. Kontrolle

I. Zielsetzung

Die Ziele einer Investition sind klar nach Inhalt, Zeit und Ausmaß vorzugeben. Mögliche Ziele in einem Unternehmen könnten sein:

- Marktleistungsziele: Produktqualität, Kundenservice, Produktinnovation
- Marktstellungsziele: Umsatz, Marktanteil, Marktgeltung, neue Märkte
- Rentabilitätsziele: Gewinn, Umsatz-, Kapitalrentabilität
- Finanzielle Ziele: Kreditwürdigkeit, Liquidität, Kapitalstruktur
- Soziale Ziele: Einkommen, Arbeitszufriedenheit, Integration
- Machtziele: Unabhängigkeit, Image, Prestige, Einfluss

Die nachfolgende Abbildung „Magisches Dreieck der Vermögensanlage“ zeigt die drei konkurrierenden Ziele Liquidität, Rentabilität und Sicherheit zueinander:

³⁷ vgl. Ertl (2010), S. 11ff.

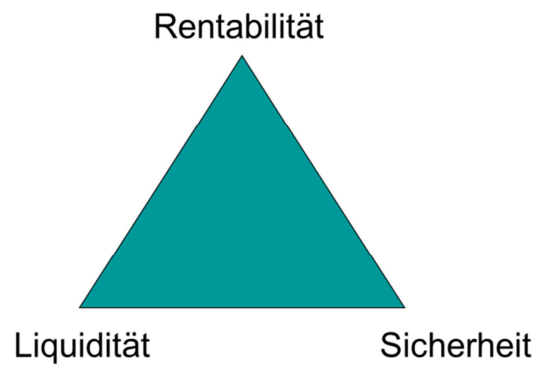


Abbildung 10: Magisches Dreieck der Vermögensanlage

Quelle: Ertl (2010)

Die Abbildung mit den konkurrierenden Zielen zeigt, dass mit anwachsender Sicherheit eines Investments die Rendite tendenziell sinkt. Ist dem Anleger eine hohe Liquidität wichtig, so muss er Nachteile bei der Rendite in Kauf nehmen. Je wichtiger dem Investor die Sicherheit ist, umso illiquider wird die Investition.

II. Planung:

Unter Planung versteht man das zielgerichtete und zukunftsorientierte Handeln eines vor der Ausführung liegenden gedanklichen Prozesses. Planung ist in vielen Bereichen des humanistischen Handelns anzutreffen. Besondere Bedeutung hat die Planung im militärischen und im wirtschaftlichen Bereich.

In Bezug auf den Planungshorizont unterscheidet man in drei verschiedene Bereiche:

- *Strategische Planung:* Die strategische Planung legt die langfristigen Ziele eines Unternehmens fest. Sie beginnt ab einer Planungsdauer von fünf Jahren und erfolgt meist von den oberen Führungsetagen.
- *Taktische Planung:* Die taktische Planung setzt die mittelfristigen Ziele eines Unternehmens fest und fungiert als Verbindungsglied zwischen operativen und strategischen Zielen. Die Zeitspanne beläuft sich auf ein bis fünf Jahre.

- **Operative Planung:** Die operative Planung beschreibt die kurzfristigen Ziele, welche einen Zeithorizont von weniger als einem Jahr aufweisen. In diese Zeitspanne fallen großteils Routine Investitionen.

Ein *Investitionsprogramm* zeigt die budgetierten Kosten für Investitionen eines Unternehmens. Die Anordnung erfolgt in hierarchischer Form. Mit der nachkommen- den Abbildung „Planung des Investitionsprogrammes“ wird der Ablauf des Investi- tionsprogrammes beschrieben:



Abbildung 11: Planung des Investitionsprogrammes

Quelle: Ertl (2010)

III. Durchführung

Investitionen, welche eine gewisse Größe übersteigen, werden generell durch ei- nen Beschluss formal gefasst und dann verwirklicht. Dabei sind die unterneh- mensinternen Rangordnungen und Budgetkompetenzen zu beachten.

IV. Kontrolle

Eine realisierte Investition muss immer einer nachfolgenden Kontrolle unterzogen werden, um Abweichungen und Erfahrungen zu erhalten. Des Weiteren können - sofern Anpassungsarbeiten notwendig sind - gegebenenfalls auch der Fertigungslauf sowie weitere Veränderungen durchgeführt werden, um mögliche Abweichungen der Ist-Werte an die Soll-Werte heranzuführen. Die Häufigkeit der Prüfung soll sich nach der Sinnhaftigkeit und wirtschaftlichen Vertretbarkeit orientieren.

4.3.2.2 Investitionsentscheidungsrechnung³⁸

Die Investitionsentscheidungsrechnung enthält alle notwendige Berechnungsverfahren, die eine wirtschaftliche Beurteilung der Investition ermöglichen. Eine seriöse Investitionsentscheidung kann nur mit Unterstützung der Investitionsrechnung getroffen werden. Die Investitionsentscheidung ist aber auch von technischen, rechtlichen und ökonomischen Präferenzen abhängig.

Bei der Beurteilung eines Investitionsvorhabens gibt es zwei Bewertungskriterien:

- a) Qualitative Bewertungskriterien
- b) Quantitative Bewertungskriterien

a) Qualitative Bewertungskriterien

Bei Investitionen ist es oft schwierig, die Bewertungskriterien eindeutig zu quantifizieren (z.B. Sicherheit, Handling). Daher können nicht alle Bewertungskriterien bei der Auswahl der qualitativen Möglichkeiten berücksichtigt werden. Infolgedessen muss eine sinnvolle Abgrenzung zu den möglichen Kriterien getroffen werden.

³⁸ vgl. Ertl (2010), S. 35 ff.

Die qualitativen Bewertungskriterien werden in vier Kriterien gegliedert:

- wirtschaftliche
- technische
- rechtliche
- soziale

Die Ermittlung der qualitativen Bewertungskriterien erfolgt durch die *Nutzwertanalyse*.

b) Quantitative Bewertungskriterien

Bei den quantitativen Bewertungskriterien werden die betriebswirtschaftlichen Aspekte durchleuchtet, um die wirtschaftliche Sinnhaftigkeit einer Investition festzustellen. Dabei wird bei der klassischen Investitionsrechnung zwischen der *statischen Investitionsrechnung* und der *dynamischen Investitionsrechnung* unterschieden.

Statische Investitionsrechnung:

Die statische Investitionsrechnung verwendet die Erfolgsgrößen aus dem Rechnungswesen. Dabei werden nur die Kosten und Erlöse berücksichtigt. Die Einzahlungen und Auszahlungen werden nicht betrachtet. Als Vorzüge der statischen Investitionsrechnung werden oft die einfache Handhabbarkeit sowie die schnelle übersichtliche Darstellung der Investitionssituation geschätzt. Die Nachteile sind der zeitliche Bezug auf nur eine definierte Periode sowohl als auch die Nichtbeachtung der Ein- und Auszahlungen. Ein weiterer Kritikpunkt ist die fehlende Berücksichtigung der Interdependenzen.

Klassische Arten der statischen Investitionsrechnung:

- Kostenvergleichsrechnung
- Gewinnvergleichsrechnung
- Rentabilitätsvergleichsrechnung
- Amortisationsvergleichsrechnung

Dynamische Investitionsrechnung:

Die dynamischen Investitionsrechnungen vermitteln Informationen über die Vorteilhaftigkeit der Investition wesentlich besser als die statischen Investitionsrechnungen. Sie sind aber schwieriger zu handhaben.

Merkmale:

- Sie berücksichtigen die Ein- und Auszahlungen.
- Sie verwenden die finanzmathematischen Methoden.
- Sie nehmen Bezug auf alle Anwendungsperioden.

Klassische Arten der dynamischen Investitionsrechnung:

- Kapitalbarwertmethode
- Interne Zinsfußmethode
- Annuitätenmethode

4.3.3 Rechnerische Ermittlung der ökonomisch sinnvollsten Lösung für die 5 kWp Photovoltaikanlage der Fam. Lechner³⁹

Eine Ermittlung der ökonomisch sinnvollsten Lösung für die Photovoltaikanlage der Fam. Lechner ist nur mit Hilfe der Investitionsentscheidungsrechnungen möglich. Dabei sollen die Amortisationszeit sowie die jährliche Verzinsung des Kapitals bestimmt werden. Für die Berechnung der Amortisationszeit wird die „Amortisationsvergleichsrechnung“ angewendet. Um die jährliche Verzinsung zu ermitteln, wird der „Interne Zinsfuß“ berechnet.

³⁹ vgl. Ertl (2010), S. 120 ff.

Allgemeine Grundangaben zur 5kWp Photovoltaikanlage der Fam. Lechner	
Leistung	5,28 kWp
Jährlicher Energieertrag	5500 kWh
Nutzungsdauer	20 Jahre
Anschaffungskosten (siehe Anlagen, Teil 1)	17.518,8 Euro
Strompreis (Eigenproduktion)	0,18 Euro/kWh
Einspeisetarif (Standard)	0,10 Euro/kWh
geförderter Einspeisetarif (Tarifförderung)	0,2945 Euro/kWh
bundesweite Investitionsförderung	5255,64 Euro
Landesförderung bei Nutzung der Tarifförderung	2.000 Euro
Landesförderung bei Nutzung der Investitionsförderung	1.500 Euro
Gemeindeförderung	1.750 Euro

Tabelle 12: Grundangaben zur Photovoltaikanlage

Quelle: Autor (2011)

4.3.3.1 Ermittlung der Amortisationszeit

Die Amortisationszeit lässt sich, wie oben bereits erläutert, mit Hilfe der *Amortisationsvergleichsrechnung* berechnen. Die Amortisationsvergleichsrechnung ist ein Verfahren der statischen Investitionsrechnung und dient zur Einschätzung von finanziellen Risiken, welche mit der Investition einhergehen. Sie zeigt die Kapitalbindungsdauer einer Anlage. Die Rentabilität wird durch die Amortisationsrechnung nicht untersucht.

Durchschnittsmethode (statische Amortisationsrechnung):

$$t_w = \frac{a_0 - RW}{\text{durchschnittlicher Rückfluss}}$$

- a_0Kapitaleinsatz
- RW.....Restwert
- durchschnittlicher Rückfluss.....jährlicher Gewinn + jährlicher Abschreibungsbetrag

Die Fam. Lechner fordert von der Photovoltaikanlage eine Amortisationszeit von maximal 11 Jahren. Des Weiteren soll eine Amortisationsvergleichsrechnung der Photovoltaikanlage zwischen der bundesweiten Tarifförderung und der bundesweiten Investitionsförderung durchgeführt werden. Der Restwert wird mit 0 Euro angenommen, weil dieser nicht schätzbar ist. Die verwendeten Module weisen aufgrund ihres hohen qualitativen Standards in den 20 Jahren Nutzungsdauer nahezu keinen nennenswerten Degradationsprozess auf, beziehungsweise steigen wegen des Klimawandels stetig die jährlichen Sonnentage. Die beiden Faktoren Degradation und Klimawandel hebeln sich somit gegenseitig einander aus und werden bei der Berechnung nicht berücksichtigt.

I. Tarifförderung:

In der nachfolgenden Berechnung wird die Amortisationszeit der Photovoltaikanlage der Fam. Lechner, bezogen auf die Tarifförderung, ermittelt. Der produzierte Strom wird dabei gänzlich ins Netz eingespeist.

Amortisationsrechnung Photovoltaikanlage Fam. Lechner

Grundangaben siehe Kapitel 4.1.2 und Kapitel 4.1.3

- $a_0 = 13.768,8$ Euro
- $RW = 0$ Euro
- durchschnittlicher Rückfluss = 1.619,75 Euro

Zwischenrechnung:

Gewinn p.a. = geförderter Einspeisetarif * jährlichen Energieertrag

Gewinn p.a. = 0,2945 Euro/kWh * 5500 kWh

Gewinn p.a. = 1.619,75 Euro

Amortisationsrechnung:

$$t = \frac{13768,8}{1.619,75} = 8,5 \text{ Jahre}$$

II. Investitionsförderung:

Für die Ermittlung der Amortisationszeit werden bei Verwendung der Investitionsförderung folgende Annahmen getroffen:

- 50 % des Stroms sind für private Nutzung
- 50 % des Stroms werden eingespeist

Amortisationsrechnung Photovoltaikanlage Fam. Lechner

Grundangaben siehe Kapitel 4.1.2 und Kapitel 4.1.3

- $a_0 = 9013,16$ Euro
- $RW = 0$ Euro
- durchschnittlicher Rückfluss = 770 Euro

Zwischenrechnung:

Gewinn p.a. = Strompreis * jährlichen Energieertrag/2 + Einspeisetarif * jährlichen Energieertrag/2

Gewinn p.a. = 0,18 Euro/kWh * 2750 kWh + 0,10 Euro/kWh * 2750 kWh

Gewinn p.a. = 770 Euro

Amortisationsrechnung:

$$t = \frac{9013,16}{770} = 11,7 \text{ Jahre}$$

III. Zusammenfassung:

Die Amortisationsberechnungen haben gezeigt, dass beide Förderprogramme die geforderte Amortisationszeit von 13 Jahren einhalten. Der Kapitalrückfluss erfolgt bei Inanspruchnahme der Tarifförderung mit 8,5 Jahren wesentlich schneller als mit 11,7 Jahren bei der Investitionsförderung. Dank der Berechnungen lässt sich eine absolute Vorteilhaftigkeit der Tarifförderung ableiten.

4.3.3.2 Ermittlung der jährlichen Verzinsung des investierten Kapitals

Für die Berechnung der jährlichen Verzinsung des gebundenen Kapitals wird die „interne Zinsfußmethode“ verwendet. Die interne Zinsfußmethode ist ein Verfahren der dynamischen Investitionsrechnung, welche zwei Zinssätze miteinander vergleicht, nämlich den internen Zinsfuß und den Kalkulationszinssatz. Eine Investition ist nur dann ökonomisch sinnvoll, wenn ihr interner Zinssatz mindestens so hoch ist wie der Kalkulationszinssatz des Investors. Der interne Zinssatz (interner Zinsfuß, Rendite, Kapitalertragsrate, internal rate of return) einer Investition ist jener Zinssatz, der zu einem Kapitalbarwert von Null führt.

$$0 = -a_0 + \frac{e_1 - a_1}{q} + \frac{e_2 - a_2}{q^2} + \dots + \frac{e_n - a_n}{q^n} + \frac{L}{q^n}$$

- a_0 : Investitionsausgabe
- e : Einnahmen
- a : Ausgaben
- L : Liquidationserlös
- q : Kalkulationszinssatz $q = 1+i$

Für die Bestimmung des Zinsfußes verwendet man meist das Interpolationsverfahren. Folgender Ablauf ist dabei einzuhalten:

- I. Man bestimmt einen ersten geschätzten Zinsfuß i_1 und ermittelt damit den Kapitalwert C_{01} des Investitionsobjekts.

Berechnung des Kapitalwertes C_0 :

$$C_0 = -a_0 + \ddot{u} \times \frac{q^n - 1}{q^n \times (q - 1)} + \frac{L}{q^n}$$

- C_0 : Kapitalwert
 - \ddot{u} : jährlicher Überschuss
 - a_0 : Investitionsausgabe
 - L : Liquidationserlös
 - q : Kalkulationszinssatz $q = 1 + i$
- II. Ist der Barwert $C_{01} > 0$ ($C_{01} < 0$), so wählt man einen Zinsfuß $i_2 > i_1$ ($i_2 < i_1$) und berechnet damit den Barwert C_{02} .
- III. Mit der Interpolationsformel wird aus den Werten C_{01} , C_{02} und i_1 , i_2 der tatsächliche Zinsfuß i_{int} ermittelt.

$$i_{\text{int}} = i_1 - C_{01} \times \frac{i_2 - i_1}{C_{02} - C_{01}}$$

Die Fam. Lechner fordert von der Photovoltaikanlage eine jährliche Rendite von 5 %. Ebenso soll ein Vergleich der jährlichen Rendite zwischen einer bundesweiten Tarifförderung und der bundesweiten Investitionsförderung durchgeführt werden. Der Restwert wird mit 0 Euro angenommen, weil dieser nicht schätzbar ist. Die verwendeten Module weisen aufgrund ihres hohen qualitativen Standards in den 20 Jahren Nutzungsdauer nahezu keinen nennenswerten Degradationsprozess auf, beziehungsweise steigen wegen des Klimawandels stetig die jährlichen Sonnentage. Die beiden Faktoren Degradation und Klimawandel heben sich somit gegenseitig auf und werden bei der Berechnung nicht berücksichtigt.

I. Tarifförderung:

Die nachfolgende Berechnung zeigt die jährliche Rendite der Photovoltaikanlage bei Inanspruchnahme der Tarifförderung. Der produzierte Strom wird dabei zur Gänze ins Netz gespeist.

Interne Zinsfußberechnung Photovoltaikanlage Fam. Lechner

Grundangaben siehe Kapitel 4.1.2 und Kapitel 4.1.3

- $a_0 = 13.768,8$ Euro
- $C_{01} = 21,04$ Euro
- $C_{02} = - 583,63$ Euro
- $i_1 = 10 \%$
- $i_2 = 11 \%$
- $\ddot{u} = 1.619,75$ Euro

Zwischenrechnung 1:

$\ddot{u} = \text{geförderte Einspeisetarif} \cdot \text{jährlichen Energieertrag}$

$\ddot{u} = 0,2945 \text{ Euro/kWh} \cdot 5500 \text{ kWh}$

$\ddot{u} = 1.619,75 \text{ Euro}$

Zwischenrechnung 2:

$C_{01} = -a_0 + \ddot{u} \times (q^n - 1) / (q^n \times (q - 1))$

$C_{01} = -13.768,8 \text{ Euro} + 1.619,75 \text{ Euro} \times (1,10^{20} - 1) / (1,10^{20} \times (1,10 - 1))$

$C_{01} = 21,04 \text{ Euro}$

Zwischenrechnung 3:

$$C_{02} = -a_0 + \ddot{u} \times (q^n - 1) / (q^n \times (q - 1))$$

$$C_{02} = -13.768,8 \text{ Euro} + 1.619,75 \text{ Euro} \times (1,11^{20} - 1) / (1,11^{20} \times (1,11 - 1))$$

$$C_{02} = - 870,2 \text{ Euro}$$

Interne Zinsfußberechnung:

$$i = 0,10 - 21,04 \times \frac{0,11 - 0,10}{- 870,2 - 21,04} = \mathbf{10,02 \%}$$

II. Investitionsförderung:

Für die Ermittlung der internen Zinsfußberechnung werden bei Verwendung der Investitionsförderung folgende Annahmen getroffen:

- 50 % des Stroms sind für private Nutzung
- 50 % des Stroms werden eingespeist

Interne Zinsfußberechnung Photovoltaikanlage Fam. Lechner

Grundangaben siehe Kapitel 4.1.2 und Kapitel 4.1.3

- $a_0 = 9.013,16 \text{ Euro}$
- $C_{01} = -181,32 \text{ Euro}$
- $C_{02} = 582,74 \text{ Euro}$
- $i_1 = 6 \%$
- $i_2 = 5 \%$
- $\ddot{u} = 770 \text{ Euro}$

Zwischenrechnung 1:

$\ddot{u} = \text{Strompreis} \cdot \text{jährlichen Energieertrag}/2 + \text{Einspeisetarif} \cdot \text{jährlichen Energieertrag}/2$

$$\ddot{u} = 0,18 \text{ Euro/kWh} \cdot 2750 \text{ kWh} + 0,10 \text{ Euro/kWh} \cdot 2750 \text{ kWh}$$

$$\ddot{u} = 770 \text{ Euro}$$

Zwischenrechnung 2:

$$C_{01} = -a_0 + \ddot{u} \cdot (q^n - 1) / (q^n \cdot (q - 1))$$

$$C_{01} = -9.013,16 \text{ Euro} + 770 \text{ Euro} \cdot (1,06^{20} - 1) / (1,06^{20} \cdot (1,06 - 1))$$

$$C_{01} = -181,32 \text{ Euro}$$

Zwischenrechnung 3:

$$C_{02} = -a_0 + \ddot{u} \cdot (q^n - 1) / (q^n \cdot (q - 1))$$

$$C_{02} = -9.013,16 \text{ Euro} + 770 \text{ Euro} \cdot (1,05^{20} - 1) / (1,05^{20} \cdot (1,05 - 1))$$

$$C_{02} = 582,74 \text{.- Euro}$$

Interne Zinsfußberechnung:

$$i = 0,06 + 181,32 \cdot \frac{0,05 - 0,06}{582,74 + 181,32} = 5,76 \%$$

III. Zusammenfassung:

Die Berechnungen des internen Zinsfußes haben gezeigt, dass beide Förderprogramme die geforderte jährliche Rentabilität von 5 % einhalten. Der interne Zinsfuß ist jedoch bei Inanspruchnahme der Tarifförderung mit 10,02 % wesentlich höher als bei der Investitionsförderung, welche nur 5,76 % bietet. Mit Hilfe der Berechnungen lässt sich eine absolute Vorteilhaftigkeit der Tarifförderung ableiten.

5 Problematik von Photovoltaikanlagen

Photovoltaikanlagen unterliegen den Einflüssen der Natur, folglich kann die Leistungsausbeute einer PV-Anlage wesentlich variieren. Die Sonneneinstrahlung ist ein zentraler Faktor für den Ertrag. Schatten und Schnee können die Leistung und den Wirkungsgrad von PV-Anlagen erheblich verringern. Deshalb muss bei der Planung die Ausrichtung genau betrachtet werden. Lebensdauer und Alterung müssen bei der Entscheidung für die Wahl einer PV-Anlage unbedingt berücksichtigt werden, zumal die Leistung der Module stetig abnimmt.

5.1 Brandgefahr⁴⁰

In der Praxis wird die ausgehende Brandgefahr von Photovoltaikanlagen oftmals unterschätzt. Mangelnde Planung in Verbindung mit einer nicht fachgerechten Montage können Ursache für die Entstehung von schweren Bränden sein. Selbst bei tiefen Umgebungstemperaturen erreichen die PV-Module hohe Betriebstemperaturen. Werden diese großflächig fugenlos verlegt, so entsteht an der Hinterseite - aufgrund von mangelnder Hinterlüftung - ein Hitzestau. Dieser Hitzestau wiederum kann in ungünstigen Fällen im Dachboden Auslöser für einen Brand sein.

Im Brandfall können ungünstig platzierte Photovoltaikmodule die Löscharbeiten maßgeblich behindern. Dächer, welche vollständig mit Photovoltaikmodulen belegt sind, erschweren die Schaffung von kontrollierten Abzugskaminen. Bei einem Brand im Dachstuhl bleibt die Form der Photovoltaikmodule erhalten, da bei der Produktion von Photovoltaikmodulen nur Werkstoffe von hoher Qualität und hoher Temperaturbeständigkeit zum Einsatz kommen. Aus diesem Grund ist es ratsam, schmale Laufgassen nach jeder zweiten Modulreihe zu berücksichtigen.

⁴⁰ vgl. <http://www.rechner-photovoltaik.de/photovoltaiklexikon/brandgefahr-bei-photovoltaik>

5.2 Lebensdauer und Degradation

Konkrete Angaben über die Lebensdauer von PV-Modulen sind in der Literatur keine bekannt, jedoch werden Garantiezeiten von 20 Jahren und mehr angeboten.⁴¹

Der Begriff „Degradation“ beschreibt den Alterungsprozess von PV-Modulen. Darunter versteht man die Reduktion des Wirkungsgrades in der Photovoltaik. Die Degradation einer Solarzelle beginnt ab der ersten Einwirkung des Sonnenlichts auf die Zelle. Besonders Dünnschichtzellen aus amorphem Silizium degradieren in den ersten 1000 Stunden verhältnismäßig stark im Vergleich zu den monokristallinen und polykristallinen Solarzellen. Um diesen Prozess zu Beginn des Betriebes entgegen zu wirken, werden die fertigen Module unmittelbar nach der Produktion mit Licht bestrahlt und eine künstliche Alterung hervorgerufen. Die Nennleistung des Moduls wird nach dieser künstlichen Degradation ermittelt und danach wird das PV-Modul entsprechend klassifiziert.⁴²

Übliche Herstellerangaben für Garantieleistungen liegen nach zehn Jahren bei 90 % der Anfangsleistung und nach 20 Jahren bei 80 %.⁴³

5.3 Verschmutzung und Reinigung⁴⁴

Die Verschmutzung und die daraus resultierende notwendige Reinigung der Photovoltaikmodule kann im Vorhinein durch entsprechende Planung reduziert bzw. vermieden werden. Für Solarmodule, welche mit einer Neigung von 15 Grad oder mehr montiert werden, ist eine manuelle Reinigung nicht notwendig. Regen und Schnee sorgen für eine gewisse Reinhaltung der Oberfläche. Paneele, welche flach installiert sind, müssen spätestens nach mehreren Jahren Einsatz einer

⁴¹ vgl. Witzel (2004), S. 38.

⁴² vgl. <http://www.top50-solar.de/de/lexikon/degradation.html>

⁴³ vgl. Reeker (2004), S. 174ff.

⁴⁴ vgl. Saß (2008), S. 249ff.

gründlichen Reinigung unterzogen werden. Im Winter sollten die PV-Module nach starken Schneefällen auf Ablagerungen geprüft und gegebenenfalls abgekehrt werden, damit ein optimaler Ertrag gewährleistet ist. Dabei sind die Sicherheitsaspekte unbedingt zu berücksichtigen. Der im Sommer abgesetzte Blütenstaub hat hingegen nur eine geringere Auswirkung auf die Leistungsausbeute. Ein Säubern der PV-Module im Sommer ist daher nicht zwingend erforderlich.

6 Conclusio / Schlussbemerkung

In den vorhergegangenen Kapiteln wurde die ökonomische und ökologische Betrachtung der Photovoltaikanlage am Einfamilienhaus von Fam. Lechner ausführlich erläutert und beschrieben.

Im Betrieb verursachen Solarstromanlagen keinerlei Emissionen. Einzig der Produktionsprozess verläuft energieintensiv. Das jährliche Einsparungspotenzial an CO₂ beträgt bei einer Photovoltaikanlage mit 5 kWp Nennleistung 3757 kg gegenüber von fossilen Brennstoffen. Mit einer verstärkten Forcierung der Photovoltaik-Technologie könnte Österreich die Reduzierung der CO₂ Emissionen und somit die Erreichung der Kyoto-Ziele gewährleisten.

Unter Berücksichtigung der Fördersituation in Österreich und des Offerts der Stadtwerke Hartberg wurde die wirtschaftlichste Lösung für die Photovoltaikanlage der Fam. Lechner ermittelt. Bei der Amortisationsrechnung konnte eine absolute Vorteilhaftigkeit der Tarifförderung dargestellt werden. Mit 8,5 Jahren Amortisationszeit ist diese gegenüber der Investitionsförderung, welche 11,7 Jahren aufweist, um einiges geringer, und somit ist der Kapitalrückfluss wesentlich schneller gegeben. Die jährliche Verzinsung des investierten Kapitals ist bei der Tarifförderung mit 10,02 % wesentlich höher als bei der Investitionsförderung, welche einen internen Zinsfuß von 5,76 % bietet.

Mit Hilfe der Amortisations- und internen Zinsfußrechnung hat sich eine grundsätzliche Präferenz zur Tarifförderung ermitteln lassen. In beiden Fällen sprechen die Ergebnisse eindeutig für die bundesweite Tarifförderung.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die 5 kWp große Photovoltaikanlage der Fam. Lechner sowohl ökonomisch als auch die ökologisch als eine lukrative Investition gesehen werden kann.

Literatur

- Aue 2006 **Aue, Bastian / Kruse, Steffen:** Energieerzeugung aus Photovoltaik, 1.Aufl., Norderstedt, Books on Demand GmbH 2006
- Becker 2009 **Becker, Hans Paul:** Investition und Finanzierung, 3. Aufl., Wiesbaden, Gabler 2009
- bmvit 2010 **Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie:** Innovative Energietechnologien in Österreich, Marktentwicklung 2010, Berichte aus Energie- und Umweltforschung 26/2011
- Ertl 2010 **Ertl, Harald:** Vorlesung Investitionswirtschaft, Hochschule Mittweida, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät 2010
- Heimann 2006 **Heimann, Manfred:** Handbuch Regenerative Energiequellen in Deutschland, 1.Aufl., Frankfurt am Main, Books on Demand GmbH 2006
- Konrad 2007 **Konrad, Frank:** Planung von Photovoltaikanlagen, 1.Aufl., Wiesbaden, Friedr. Vieweg & Sohn Verlag 2007
- Liebram 2009 **Liebram, Alexander:** Erstellung von Checklisten und Arbeitsanweisungen zur Planung und Errichtung von Photovoltaik-Anlagen, 1.Aufl., Norderstedt, Books on Demand GmbH 2009
- Molitor 2009 **Molitor, Patrick:** Der Photovoltaik-Anlagen Projektleitfaden, Solaranlagen Grundwissen von A-Z, Hamburg, Diplomica Verlag GmbH 2009

- Reeker 2004 **Reeker, Martin:** Kostenentwicklung erneuerbarer Energien / Eine Erfahrungskurvenanalyse des Erneubare-Energien-Gesetzes, 1.Aufl., Göttingen, Cuvillier 2004
- Rexroth 2002 **Rexroth, Susanne:** Gestallten mit Solarzellen / Photovoltaik in der Gebäudehülle, 1.Aufl., Heidelberg, C.F. Müller Verlag 2002
- Saß 2008 **Saß, Emanuel:** Erfolgreich mit Photovoltaik, 2. Aufl., Norderstedt, BoD – Books on Demand 2008
- Spiess 2008 **Spiess, Gerald:** Wirtschaftliche und technische Aspekte einer Photovoltaikanlage für ein Einfamilienhaus in Niederösterreich, 1. Aufl., Norderstedt, BoD – Books on Demand 2008
- Staiß 1996 **Staiß, Frithjof:** Photovoltaik, 1. Aufl., Wiesbaden, Vieweg Verlag 1996
- Wagemann 2010 **Wagemann, Hans-Günther / Eschrich, Heinz: Photovoltaik:** Solarstrahlung und Halbleitereigenschaften, Solarzellen und Aufgaben, 2. Aufl., Wiesbaden, Vieweg + Teubner 2010
- Wagner 2010 **Wagner, Andreas:** Photovoltaik-Engineering: Handbuch für Planung, Entwicklung und Anwendungen, 3. Aufl., Berlin, Springer 2010
- Winter 2010 **Winter, Günter:** Vorlesung Photovoltaik, Fachhochschule Pinkafeld, Wissenschaftliche Fakultät 2010
- Witzel 2004 **Witzel, Walter / Seifried, Dieter:** Das Solarbuch / Fakten Argumente Strategien, 2. Aufl., Staufen, Ökobuch 2004

Internetquellen

Infozentrum Umwelt
Wirtschaft (2011) http://www.izu.bayern.de/faq/detail_faq.php?pid=0501020100299
verfügbar am 01.11.2011, 18:15.

IWR (2005) http://www.iwr.de/klima/ausstoss_eu.html
verfügbar am 23.10.2011, 20:45.

Leitfaden Klima- und
Energiefonds (2011) http://www.pvaustria.at/upload/2974_leitfaden_energie_modellregionen_2011.pdf
verfügbar am 24.09.2011, 22:10.

Money.at (2011) <http://money.oe24.at/Teuerung-kletterte-im-April-noch-weiter-auf-3-3-3-1/27900346>
verfügbar am 23.08.2011, 22:23

Oenb (2011) <http://www.oenb.at/isaweb/report.do?report=2.9#optionen>
verfügbar am 23.08.2011, 21:45

Photovoltaic Austria
(2011) <http://www.pvaustria.at/content/page.asp?id=68>
verfügbar am 24.09.2011, 13:10.

Photovoltaic Austria
(2011) <http://www.pvaustria.at/content/page.asp?id=70>
verfügbar am 24.09.2011, 13:30.

Photovoltaic Austria
(2011) http://www.pvaustria.at/upload/2574_Richtlinie.pdf
verfügbar am 24.09.2011, 14:10.

- Photovoltaik Rechner (2011) <http://www.rechner-photovoltaik.de/photovoltaiklexikon/brandgefahr-bei-photovoltaik>
verfügbar am 20.08.2011, 12:10.
- Statistik Austria (2011) http://www.statistik.at/web_de/statistiken/preise/verbraucherpreisindex_vpi_hvpi/sonderauswertungen/index.html
verfügbar am 24.08.2011, 09:23.
- Top50-Solar (2011) <http://www.top50-solar.de/de/lexikon/degradation.html>
verfügbar am 18.08.2011, 09:23.
- Weiterbildungskolleg der Stadt Duisburg (2011) <http://www.weiterbildungskolleg-duisburg.de/physik/seite1.htm>
verfügbar am 06.11.2011, 16:45.

Anlagen

Teil 1 A-1

Teil 2 A-2

Anlagen, Teil 1



Elektroinstallationen GmbH

Lieferadresse:
Am Ökopark 1, 8230 Hartberg
Tel. 03332/62250-126 Fax -21
e-installation@stadtwerke-hartberg.at
Rechnungsadresse:
Am Ökopark 10, 8230 Hartberg
Tel. 03332/62250 Fax -20

Herrn
LECHNER Manfred
Oberlungitz 26
8230 HARTBERG

Angebot **2011792**
Datum: 18.10.2011
Sachbearbeiter: Ritter Helmut
Versandart: ab Lager Hartberg
Seite: 1

Baustelle:
Lieferung und Montage einer Photovoltaikanlage
mit einer Nennleistung von 5280 Wp

Wir danken für Ihr Interesse an unseren Produkten und bieten wie folgt an:

Position	Menge	EH	Bezeichnung	Einzel-Preis	Gesamt-Preis
1	22,00	Stk	Solarmodul POLY TM 220/225/230/235/240 SCHOTT 1685x993x50 Modulleistung 240Wp Gesamtleistung 5280 wp	379,00	8.338,00
2	1,00	PA	Unterkonstruktion (Trageprofil, Stockschrauben, Modulklemmen, Klein- und Klemmmaterial)	1.490,00	1.490,00
3	1,00	PA	Strangverteilung (uv-beständiges Solarkabel, Modulkstecker, Kabelbinder)	198,00	198,00
4	1,00	Stk	Überspannungsbox Photovoltaik - STWH 600VDC	249,00	249,00
5	1,00	Stk	STRANGWECHSELRICHTER IG 60 HV Fronius inkl. ENS-Netzüberwachung	1.690,00	1.690,00
6	1,00	Stk	DC-Freischaltbox Photovoltaik - STWH	129,00	129,00
7	1,00	PA	Elektromaterial zur Anbindung als Überschusseinspeiser (FILS, Kabel- und Leitungen) bis 50 m	285,00	285,00
8	1,00	Stk	Montagepauschale (5,2 kWp Anlage) Solarmodule, Unterkonstruktion	1.850,00	1.850,00
9	5,00	h	Facharbeiter mit Helfer für Inbetriebnahme und Anschluss der Anlage - Abrechnung nach tatsächlichem Bedarf	74,00	370,00
				Netto-Summe	14.599,00
				Mwst 2 20,00 %	2.919,80
				Gesamt EUR	17.518,80

Zahlungsbedingungen: 30 Tage netto
Gültig bis: 17.12.2011

Wir hoffen, das Angebot entspricht Ihren Vorstellungen und würden uns freuen Ihren Auftrag entgegenzunehmen.
Für weitere Fragen stehen wir Ihnen jederzeit zur Verfügung.
Bis zur Erfüllung sämtlicher uns von Ihnen zustehenden Ansprüche verbleibt die Ware unser Eigentum.

Mit freundlichen Grüßen

Steuermärkische Sparkasse Kto. 18200-140319 BLZ 20815

Landes- als Handelsgericht Graz, Firmenbuch FN 199572p

Anlagen, Teil 2



Photovoltaic Geographical Information System

European Commission
Joint Research Centre
Ispra, Italy

Leistung Netzgekoppelte FV

PVGIS Schätzung der Solarenergieproduktion

Ort: 47°19'5" Nord, 16°1'22" Ost, Höhe: 385 m ü.d.M.,

Nominelle Leistung des FV-Systems: 5.2 kW (Kristallin Silizium)

Geschätzte Verluste von der Temperatur: 7.9% (mit Einfluss der lokalen Aussentemperatur)

Geschätzter Verlust durch Reflexionseffekte: 2.8%

Andere Verluste (Kabel, Inverter usw.): 5.0%

Gesamtverluste des FV Systems: 15.0%

Festes System: Neigung=35 Grad, Orientierung=0 Grad				
Monat	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	8.08	250	1.66	51.6
Feb	12.00	336	2.53	70.8
Mär	16.20	503	3.54	110
Apr	20.20	605	4.56	137
Mai	21.50	666	5.00	155
Jun	22.00	661	5.21	156
Jul	23.30	722	5.52	171
Aug	21.70	672	5.12	159
Sep	18.90	566	4.30	129
Okt	14.40	446	3.18	98.7
Nov	8.81	264	1.87	56.0
Dez	5.98	185	1.24	38.4
Jahr	16.10	490	3.65	111
Total für Jahr		5880		1330

Ed: Durchschnittliche tägliche Energieproduktion des Systems (kWh)

Em: Durchschnittliche monatliche Elektrizitätsproduktion mit diesem System (kWh)

Hd: Durchschnittliche Tagessumme globaler Einstrahlung pro Quadratmeter auf den Modulen des gewählten System (kWh/m2)

Hm: Durchschnittliche globale Einstrahlungssumme pro Quadratmeter auf den Modulen des Systems (kWh/m2)

PVGIS (c) European Communities, 2001-2010

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged.

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Disclaimer:

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. However the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.

This information is:

- of a general nature only and is not intended to address the specific circumstances of any particular individual or entity;
- not necessarily comprehensive, complete, accurate or up to date;
- not professional or legal advice (if you need specific advice, you should always consult a suitably qualified professional).

Some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Oberlungitz, im November 2011

Stefan Lechner